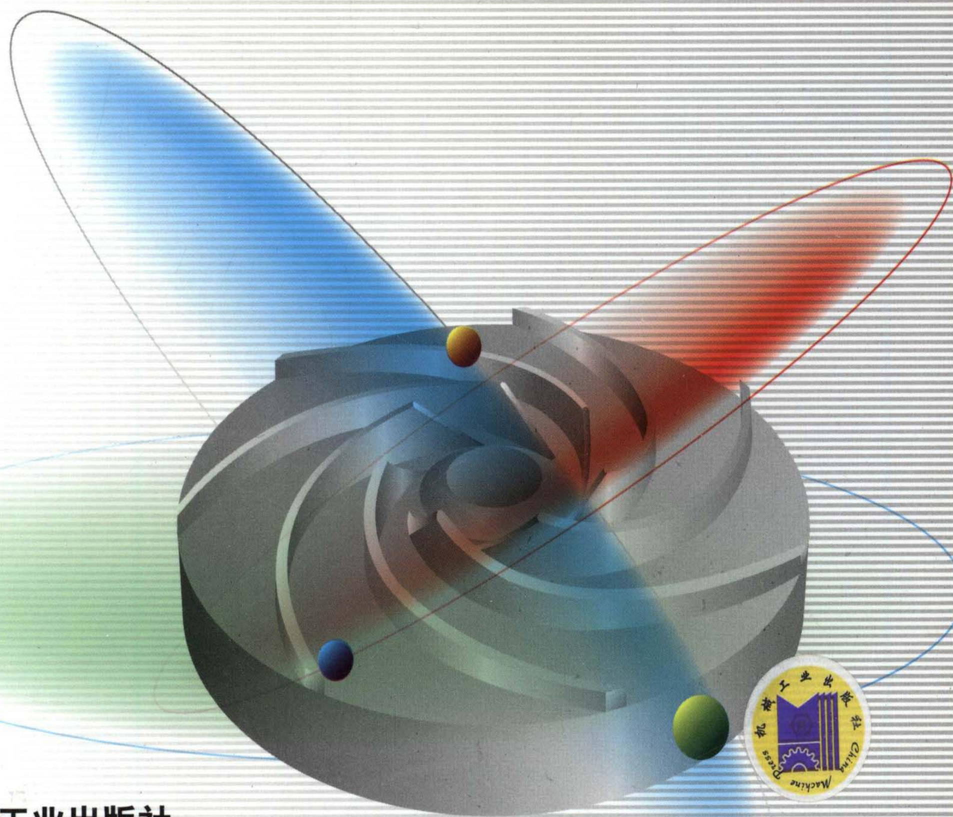
工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

CATIA V5 R20 多轴数控加工典型实例详解



高长银　赵　辉　黎胜容　主编







机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

CATIA V5 R20
多轴数控加工典型实例详解

高长银　赵　辉　黎胜容　主编



机 械 工 业 出 版 社

本书从工程实用的角度出发，通过大量实例，深入浅出地介绍了 CATIA V5 R20 多轴数控加工的流程、方法和技巧。全书共包括 7 章，第 1、2 章为基础知识，介绍了多轴数控加工的基本原理与工艺，以及多轴数控铣削和车削加工的操作技术，引导读者入门；第 3～7 章为多轴加工实例解析，具体包括三轴铣削、四轴铣削、五轴铣削、多轴车削、车铣复合数控加工，几乎涉及了所有的多轴加工类型，实例典型、丰富，指导性强，读者即使此前毫无基础，都可以迅速实现从入门到精通。

本书含光盘一张，其中的内容包含书中所有素材源文件和实例操作的语音视频，方便读者深入理解和巩固知识。本书既适合企、事业单位的数控加工人员使用，同时也可作为大中专院校相关专业学生的理想教材。是读者学习多轴加工的必备宝典。

图书在版编目（CIP）数据

CATIA V5 R20 多轴数控加工典型实例详解/高长银，赵辉，黎胜容主编．—北京：机械工业出版社，2012.6

（工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书）

ISBN 978-7-111-38491-5

Ⅰ．①C… Ⅱ．①高… ②赵… ③黎… Ⅲ．①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件 Ⅳ．①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 106450 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：周国萍　　责任编辑：周国萍　邓　铉

版式设计：霍永明　　责任校对：姜　婷

封面设计：姚　毅　　责任印制：张　楠

北京富生印刷厂印刷

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm・27.75 印张・541 千字

0 001－3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-38491-5

ISBN 978-7-89433-552-4（光盘）

定价：66.00元（含 1DVD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

策划编辑：（010）88379733

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销售一部：（010）68326294

销售二部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

教材网：http://www.cmpedu.com

机工官网：http://www.cmpbook.com

机工官博：http://weibo.com/cmp1952

封面无防伪标均为盗版

前　言

多轴数控加工是近几年发展起来的一项热门技术，第四届全国数控大赛的内容就是以多轴数控加工为主，说明了学习多轴数控加工的必要性和迫切性。

CATIA 是目前世界上应用较为广泛的 CAD/CAM 软件，具有强大的多轴数控加工功能。但目前市场上关于 CATIA 多轴数控加工的书比较少，尤其缺少实例类教程，远远满足不了广大读者的学习需求。本书正是为了弥补这种不足而编写的。

本书内容从零开始，循序渐进，具体安排形式为：多轴数控加工专业知识→CATIA V5 R20 多轴数控加工基础→CATIA V5 R20 多轴数控铣削加工实例→CATIA V5 R20 多轴车削加工实例→CATIA V5 R20 车铣复合加工实例。实例丰富、典型，深入浅出，工程实践性强。

具体内容安排如下：

第 1 章为多轴数控加工专业知识，概要介绍了铣削、车削加工原理、工艺以及多轴数控加工机床，使读者对多轴加工技术的特点有一大致的了解。

第 2 章为 CATIA V5 R20 多轴数控加工基础，分别介绍了数控加工界面、设置管理、一般流程、铣削加工技术和车削加工技术。通过学习，读者将掌握 CATIA V5 R20 数控加工的常用技术，为后面实例学习打好基础。

第 3～5 章为 CATIA V5 R20 多轴铣削加工实例。其中三轴数控铣削加工实例包括鼠标凸模加工、泵盖凹模加工、飞机引擎罩凸模加工，四轴数控铣削加工实例包括铣刀刀槽加工、凸轮加工、叶片加工，五轴数控铣削加工实例包括印章五轴加工以及开槽五轴加工。

第 6～7 章为 CATIA V5 R20 多轴车削和车铣复合数控加工实例，包括球头轴加工、螺纹套筒加工、分度盘加工、花键轴加工。其中车铣复合加工是学习的难点。

与同类书相比，本书的主要特点有：

1）细分多轴加工技术，通过大量工程实例，讲解 CATIA V5 R20 多轴数控加工的技术特点与实际应用，集专业性、实用性于一体。

2）实例安排循序渐进，从入门到提高，符合读者学习过程；讲解由浅入深，降低学习门槛，提高读者的学习效率。

3）本书光盘提供实例操作的语音视频，方便读者上机操作练习，深入理解

与巩固知识，扩大学习效果。

本书针对 CATIA V5 R20 的初、中级用户编写，特别适合读者自学参考，既适合企、事业的数控加工人员参考使用，同时也可作为大中专院校相关专业学生的理想教材。

本书由高长银、赵辉、黎胜容主编，参与编写的还有郑贞平、黄云林、吕斌杰、蒋伟、邱伟、孙智俊、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、董延、郭志强、毕晓勤、夏劲松、刘汝芳，在此一并向他们表示感谢！

由于时间有限，书中难免会有一些错误和不足之处，欢迎广大的读者及业内人士予以批评指正。

编　者

目　　录

前言
第 1 章　多轴数控加工专业知识 1
1.1　数控加工的基本原理 1
1.2　数控铣削加工原理与工艺 3
1.2.1　三轴数控加工原理 4
1.2.2　五轴数控加工原理 5
1.2.3　控制轴和加工坐标系 8
1.2.4　数控铣削加工工艺制订 9
1.3　数控车削加工原理与工艺 10
1.3.1　数控车削加工原理 11
1.3.2　数控车削加工的用途和加工对象 12
1.3.3　数控车削加工工艺制订 13
1.3.4　数控车削加工切削用量的选择 16
1.4　数控线切割加工原理与工艺 17
1.4.1　线切割机床的加工原理 17
1.4.2　线切割加工的特点与应用范围 18
1.4.3　四轴数控线切割加工原理 19
1.4.4　数控线切割加工的工艺内容 19
1.5　多轴数控加工机床 20
1.5.1　三轴数控加工机床 20
1.5.2　四轴数控加工机床 21
1.5.3　五轴数控加工机床 23
1.5.4　车铣复合加工机床 23
1.6　本章小结 25
第 2 章　CATIA V5 R20 多轴数控加工基础 26
2.1　CATIA V5 R20 数控加工界面及设置 26
2.1.1　进入 CATIA V5 R20 加工模块 26
2.1.2　CATIA V5 R20 数控加工用户界面 27
2.2　CATIA V5 R20 数控加工的一般流程 32

2.2.1 创建毛坯零件 33
2.2.2 定义零件操作 34
2.2.3 定义加工参数 38
2.2.4 刀具路径仿真与播放模式 44
2.3 CATIA V5 R20 三轴铣削加工技术（3 Axis Surface Machining） 45
2.3.1 等高线粗加工（Roughing） 46
2.3.2 投影粗加工（Sweep roughing） 57
2.3.3 等高线精加工（ZLevel） 61
2.3.4 投影精加工（Sweeping） 66
2.3.5 轮廓驱动精加工（Contour-driven） 70
2.3.6 沿面精加工（Isoparametric Machining） 76
2.3.7 螺旋精加工（Spiral Milling） 78
2.3.8 先进精加工（Advanced Finishing） 81
2.3.9 清根加工（Pencil） 84
2.4 CATIA V5 R20 多轴铣削加工技术（Multi Axis Surface Machining） 86
2.4.1 刀轴方向控制 86
2.4.2 多轴曲线加工（MultiAxis Curve Machining） 90
2.5 CATIA V5 R20 车削加工技术 93
2.5.1 粗车加工（Rough Turning） 94
2.5.2 沟槽加工（Groove Turning） 104
2.5.3 空槽加工（Recess Turning） 107
2.5.4 轮廓精车加工（Profile Finish Turning） 109
2.5.5 沟槽精车加工（Groove Finish Turning） 111
2.5.6 螺纹加工（Thread Turning） 112
2.6 本章小结 114
第 3 章 CATIA V5 R20 三轴铣削加工实例 115
3.1 入门实例——鼠标凸模三轴数控铣削加工 115
3.1.1 实例描述 115
3.1.2 加工方法分析 115
3.1.3 加工流程与所用知识点 116
3.1.4 具体操作步骤 117
3.1.5 实例总结 145
3.2 提高实例——泵盖凹模三轴数控铣削加工 145
3.2.1 实例描述 145

3.2.2　加工方法分析 145
3.2.3　加工流程与所用知识点 146
3.2.4　具体操作步骤 148
3.2.5　实例总结 188
3.3　经典实例——飞机引擎罩凸模三轴数控铣削加工 189
3.3.1　实例描述 189
3.3.2　加工方法分析 189
3.3.3　加工流程与所用知识点 189
3.3.4　具体操作步骤 191
3.3.5　实例总结 211
第 4 章　CATIA V5 R20 四轴铣削加工实例 212
4.1　入门实例——铣刀刀槽四轴数控铣削加工 212
4.1.1　实例描述 212
4.1.2　加工方法分析 212
4.1.3　加工流程与所用知识点 213
4.1.4　具体操作步骤 214
4.1.5　实例总结 226
4.2　提高实例——空间凸轮四轴数控铣削加工 226
4.2.1　实例描述 226
4.2.2　加工方法分析 226
4.2.3　加工流程与所用知识点 227
4.2.4　具体操作步骤 228
4.2.5　实例总结 243
4.3　经典实例——叶片四轴数控铣削加工 244
4.3.1　实例描述 244
4.3.2　加工方法分析 244
4.3.3　加工流程与所用知识点 244
4.3.4　具体操作步骤 245
4.3.5　实例总结 254
第 5 章　CATIA V5 R20 五轴铣削加工实例 255
5.1　入门实例——印章五轴数控铣削加工 255
5.1.1　实例描述 255
5.1.2　加工方法分析 255
5.1.3　加工流程与所用知识点 255
5.1.4　具体操作步骤 257

5.1.5 实例总结 281
5.2 提高实例——开槽零件五轴数控铣削加工 281
5.2.1 实例描述 281
5.2.2 加工方法分析 282
5.2.3 加工流程与所用知识点 282
5.2.4 具体操作步骤 284
5.2.5 实例总结 319
第 6 章 CATIA V5 R20 车削加工实例 320
6.1 入门实例——球头轴数控车削加工 320
6.1.1 实例描述 320
6.1.2 加工方法分析 320
6.1.3 加工流程与所用知识点 320
6.1.4 具体操作步骤 322
6.1.5 实例总结 349
6.2 提高实例——螺纹套筒数控车削加工 349
6.2.1 实例描述 349
6.2.2 加工方法分析 349
6.2.3 加工流程与所用知识点 350
6.2.4 具体操作步骤 351
6.2.5 实例总结 378
第 7 章 CATIA V5 R20 车铣复合加工实例 379
7.1 入门实例——分度盘车铣复合数控加工 379
7.1.1 实例描述 379
7.1.2 加工方法分析 379
7.1.3 加工流程与所用知识点 380
7.1.4 具体操作步骤 381
7.1.5 实例总结 405
7.2 提高实例——花键轴车铣复合数控加工 405
7.2.1 实例描述 405
7.2.2 加工方法分析 405
7.2.3 加工流程与所用知识点 405
7.2.4 具体操作步骤 407
7.2.5 实例总结 435
参考文献 436

第 1 章　多轴数控加工专业知识

本章将介绍数控加工理论专业知识，包括数控铣削、车削、线切割加工的基本知识以及数控加工工艺参数的设置等内容，使读者对多轴数控加工有个概要性的了解。

1.1　数控加工的基本原理

采用数控加工能高效、高精度地加工复杂的零件，特别是较为复杂的曲面型芯和型腔零件。数控英文全称为 Numerical Control，简称 NC。由数控系统发出的数字脉冲信号经变换放大后变成脉冲电流，脉冲电流促使伺服电动机产生运动。伺服电动机可以做成旋转和直线运动两种形式，因此一个脉冲信号能实现一个旋转步距角或一个直线移动步距。在一个时段内连续发送脉冲信号，脉冲信号的数量就能精确对应旋转电动机转子的转数。单位时间内的脉冲数量称为脉冲频率。控制脉冲频率就能控制转子的转速，所以脉冲信号和能根据脉冲信号作定量运动的伺服电动机是实现数控加工的基本条件。

固定在非数控制域自定心卡盘上的工件随主轴作旋转主运动，固定在刀架溜板上的刀具由手工操作进行相对工件的二维进给运动实行切削；普通铣床是固定在主轴上的刀具随主轴作旋转主运动，装夹在工作台上的工件由手工操作进行相对刀具的三维进给运动实行切削。为了实现数控加工，按普通机床切削模式，用旋转伺服电动机通过传动精度较高的同步带直接驱动主轴作回转主运动，通过控制脉冲频率来控制主运动的转速，从而省去了结构复杂的靠手工操作的变速齿轮箱等。同样用旋转伺服电动机驱动精度较高的滚珠丝杠螺母副，把旋转运动变成直线运动；精度很高的数控机床和高速数控机床直接用直线伺服电动机产生直线运动，把中间环节减至最少。

数控系统由加工程序输入工具、译码器、数据处理器和处理软件、数据存储器和脉冲电流输出工具等组成。加工程序用输入工具输入到数控系统，由译码器翻译成处理系统能识别的数据，经软件分析计算变成智能加工数据，存放在存储器中。加工时用输出工具将加工数据变成脉冲电流，输送给 X、Y、Z 方

向的伺服电动机和主轴伺服电动机，伺服电动机通过传动机构形成切削主运动和进给运动。测量装置随时监测实际主运动和进给运动与加工程序所要求的运动量之间的误差，并反馈到数控系统，及时修正伺服电动机的转速，从而精确控制刀具和工件之间的切削运动，这样就实现了自动切削，使平时由半人工操作的金属切削变成了用程序控制的切削，这就是数控加工的原理。

在数控机床上加工零件时，首先要将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件的加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数，再按数控机床规定采用的代码和程序格式，将与加工零件有关的信息，例如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、切削进给量、背吃刀量）以及辅助操作（换刀、主轴的正转和反转、切削液的开和关）等编制成数控加工程序，然后将程序输入到数控装置中，经数控装置分析处理后，发出指令，控制机床进行自动加工，其过程如图 1-1 所示。

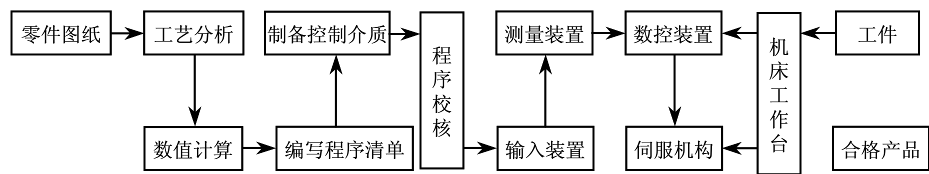


图 1-1　数控加工过程

数控加工与普通机床加工在方法与内容上有许多相似之处，不同点主要表现在控制方式上。在普通机床上加工零件时，是用工艺规程、工艺卡片来规定每道工序的操作程序，操作人员按规定的步骤加工零件；而在数控机床上加工零件时，要把被加工的全部工艺过程、工艺参数和位移数据编制成程序，并以数字信息的形式记录在控制介质（穿孔纸带、磁盘等）上，用它来控制机床加工。因此，与普通机床相比，数控加工具有以下特点：

（1）数控加工工艺内容要求具体而详细　在使用普通机床加工时，许多具体的工艺问题，如工艺中各工步的划分与安排、刀具的几何形状及尺寸、走刀路线、加工余量、切削用量等，在很大程度上都是由操作人员根据自己的实践经验和习惯自行考虑和决定的，一般不需要工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定，零件的尺寸精度也可由试切削来保证。而在数控加工时，原本在普通机床上由操作人员灵活掌握并可通过适时调整来处理的上述工艺问题，不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容，而且编程人员必须事先设计和安排好，并做出正确的选择，编入加工程序中。数控工艺不仅包括详细描述的切削加工步骤，而且还包括夹具型号、规格、切削用量和其他特殊要求的内容。在自动编程中更需要详细地确定各种工艺参数。

（2）数控加工工艺要求更严密而精确　数控机床虽然自动化程度高，但自适

应性差。它不像普通机床加工那样，可以根据加工过程中出现的问题比较灵活自由地进行人为调整。如在攻螺纹时，数控机床不知道孔中是否已挤满切屑，是否需要退刀清理切屑再继续进行，这种情况必须事先由工艺员精心考虑，否则可能导致严重的后果。在普通机床上加工零件时，通常是经过多次“试切削”过程来满足零件的精度要求，而数控加工过程是严格按程序规定的尺寸进给的，因此在对图形进行数学处理、计算和编程时，一定要准确无误，以使数控加工顺利进行。

（3）制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和编程尺寸设定值的计算　编程尺寸并不是零件图上设计尺寸的简单再现。在对零件进行数学处理和计算时，编程尺寸设定值要根据零件的形状几何关系重新调整计算，才能确定合理的编程尺寸。

（4）选择切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响　数控加工时，刀具从起点沿运动轨迹走向终点是由数控系统的插补装置或插补软件来控制的。根据插补原理可知，在数控系统已定的条件下，进给速度越快，则插补精度越低；插补精度越低，工件的轮廓形状越差。因此，选择数控加工切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响，特别是在高精度加工时影响非常明显。

（5）数控加工工艺的特殊要求

1）由于数控机床较普通机床的刚度高，所配的刀具也较好，因而在同等情况下，所采用的切削用量比普通机床大，加工效率也越高，选择切削用量时要充分考虑这些特点。

2）由于数控机床的功能复合化程度越来越高，因此，工序相对集中是现代数控加工工艺的特点，明显表现为工艺数目少，工艺内容多；由于在数控机床上尽可能安排较复杂的工序，所以数控加工的工序内容要比普通机床加工的工序内容复杂。

3）由于数控加工的零件形状比较复杂，因此在确定装夹方式和设计夹具时，要特别注意刀具与夹具、工件的干涉问题。

（6）程序的编写、校验与修改是数控加工工艺的一项特殊内容　普通机床加工工艺中的划分工序、选择设备等重要内容对于数控加工工艺来说属于已基本确定的内容，所以制定数控加工工艺的着重点在于整个数控加工过程的分析，其关键在于确定进给路线及生成刀具运动轨迹。

1.2　数控铣削加工原理与工艺

数控铣削加工是机械加工中最常用和最主要的数控加工方法之一。它除了能铣削普通铣床所能铣削的各种零件表面外，还能铣削普通铣床不能铣削的、

需要 2～5 轴坐标联动加工的各种平面轮廓和立体轮廓。

1.2.1　三轴数控加工原理

数控铣床的基本组成如图 1-2 所示。它由床身、立柱、主轴箱、工作台、滑鞍、滚珠丝杠、伺服电动机、伺服装置、数控系统等组成。

床身用于支撑和连接机床各部件。主轴箱用于安装主轴。主轴下端的锥孔用于安装铣刀。当主轴箱内的主轴电动机驱动主轴旋转时，铣刀能够切削工件。主轴箱还可沿立柱上的导轨在 *Z* 向移动，使刀具上升或下降。工作台用于安装工件或夹具。工作台可沿滑鞍上的导轨在 *X* 向移动，滑鞍可沿床身上的导轨在 *Y* 向移动，从而实现工件在 *X* 和 *Y* 向的移动。无论是 *X*、*Y* 向，还是 *Z* 向的移动，都是靠伺服电动机驱动滚珠丝杠来实现的。伺服装置用于驱动伺服电动机。控制器用于输入零件加工程序和控制机床工作状态。控制电源用于向伺服装置和控制器供电。

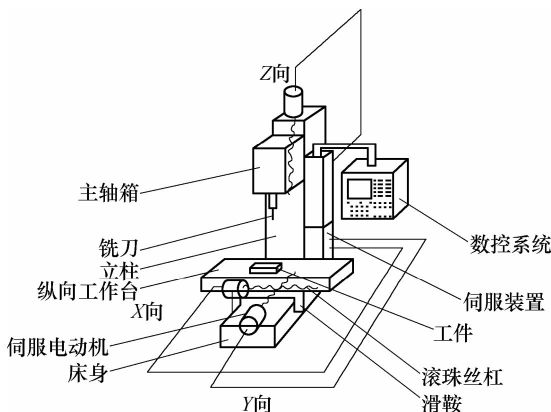


图 1-2　数控铣床的基本组成

1. **数控铣床的工作原理**

根据零件形状、尺寸、精度和表面粗糙度等技术要求制定加工工艺，选择加工参数；通过手工编程或利用 CAM 软件自动编程，将编好的加工程序输入到控制器；控制器对加工程序处理后，向伺服装置传送指令；伺服装置向伺服电动机发出控制信号；主轴电动机使刀具旋转；*X*、*Y* 和 *Z* 向的伺服电动机控制刀具和工件按一定的轨迹相对运动，从而实现工件的切削。

2. **数控铣床加工的特点**

1）用数控铣床加工零件，精度很稳定，如果忽略刀具的磨损，用同一程序加工出的零件具有相同的精度。

2）数控铣床尤其适合加工形状比较复杂的零件，如各种模具等。

3）数控铣床自动化程度很高，生产率高，适合加工批量较大的零件。

1.2.2　五轴数控加工原理

要学习五轴数控加工技术，首先需要了解五轴数控加工的原理和特点，所以本节介绍五轴数控加工的原理和应用范围、特点等。

五轴数控加工就是指在一台机床上至少有 5 个坐标轴（3 个直线坐标和两个旋转坐标），而且可在计算机数控系统控制下同时协调运动进行加工。图 1-3 为典型的五轴联动数控机床。



图 1-3　五轴联动数控机床

1．**五轴数控加工特点**

在五轴数控加工中，一台机床至少有 5 个坐标轴。5 个坐标轴可在计算机控制下联合工作。五轴数控加工具有以下特点[1]：

1）可以加工一般三轴数控机床不能加工或很难在一次装夹完成加工的连续、平滑的自由曲面，例如航空发动机和汽轮机的叶片、叶轮等，如图 1-4 所示。如果采用三轴数控机床加工，由于其刀具相对于工件的姿态在加工过程中不能改变，加工某些复杂曲面时，就可能产生干涉和欠加工。而用五轴加工，由于刀具的轴线可随时调整，避免刀具与工件的干涉，并能一次装夹完成全部加工。



叶片



叶轮

图 1-4　复杂的自由曲面零件

2）可以提高空间自由曲面的加工精度、质量和效率。例如：三轴加工复杂曲面时，多采用球头铣刀，球头铣刀是以点接触，切削效率低，刀具/工件姿态在加工过程不能调整，一般很难保证用球头上的最佳切削点（即球头上线速度最高点）进行切削。如果采用五轴机床加工，由于刀具/工件姿态在加工过程随时调整，可获得更高的切削速度、切削效率和切削质量。

3）符合于工件一次装夹便可完成全部或大部分加工的机床特点。当前，为了进一步提高产品性能和质量，现代产品，不仅包括航空、航天和运载工具的产品，而且包括精密仪器、仪表、运动器械等产品，其零件都越来越多地采用整体材料铣成，而且还要加工出许多各式各样的复杂曲面和斜孔，如果采用三轴加工，必须经过多次定位安装才能完成，而采用五轴加工可一次装夹完成大部分工作。

2. 五轴数控加工机床

和三轴联动数控机床相比，五轴联动数控机床多了两个转动轴，但是在结构布置方面，并不仅仅是在三轴联动数控机床上添加两个转动轴。五轴数控加工机床按照主轴的位置关系可分为以下两大类：

（1）立式五轴加工中心

1）工作台回转轴式，如图 1-5 所示。设置在床身上的工作台可以环绕 *X* 轴回转，定义为 *A* 轴。*A* 轴一般工作范围为−120°～+30°。工作台的中间还设有一个回转台，在图示的位置上环绕 *Z* 轴回转，定义为 *C* 轴。*C* 轴可以 360° 回转。这样通过 *A* 轴与 *C* 轴的组合，固定在工作台上的工件除了底面之外，其余的 5 个面都可以由立式主轴进行加工。*A* 轴和 *C* 轴最小分度值一般为 0.001°。这样又可以把工件细分成任意角度，加工出倾斜面、倾斜孔等。*A* 轴和 *C* 轴如果与 *XYZ* 三直线轴实现联动，就可加工出复杂的空间曲面，当然这需要高档的数控系统、伺服系统以及软件的支持。这种设置方式的优点是主轴的结构比较简单，主轴刚性非常好，制造成本比较低。但一般工作台不能设计太大，承重也较小，特别是当 *A* 轴回转大于等于 90° 时，工件切削时会给工作台带来很大的承载力矩。

2）立式主轴头回转式，如图 1-6 所示。主轴前端是一个回转头，能自行环绕 *Z* 轴回转 360°，成为 *C* 轴。回转头上还带可环绕 *X* 轴回转的 *A* 轴，一般回转角可达±90°以上，实现上述同样的功能。这种设置方式的优点是主轴加工非常灵活，工作台也可以设计得非常大，客机庞大的机身、巨大的发动机壳都可以在这类加工中心上加工。

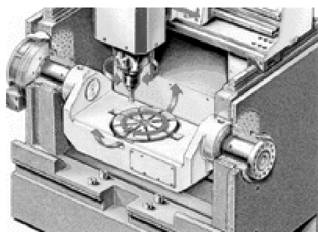


图 1-5　工作台回转的立式五轴加工中心

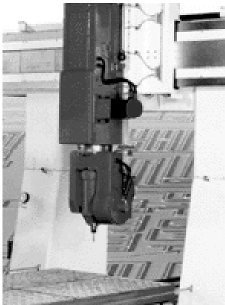


图 1-6　立式主轴头回转的五轴加工中心

（2）卧式五轴加工中心　图 1-7 为传统的工作台回转轴式五轴加工中心。设置在床身上的工作台 *A* 轴一般工作范围为−100°～20°。工作台的中间也设有一个回转台 *B* 轴。*B* 轴可双向 360°回转。这种卧式五轴加工中心的联动特性比较好，常用于加工大型叶轮的复杂曲面。回转轴也可配置圆光栅尺反馈，分度精度达到几秒。当然这种回转轴结构比较复杂，价格也昂贵。

从旋转轴和直线运动轴之间的关系来看，五轴联动数控机床的结构形式主要有：双旋转转台机床、双旋转主轴头机床和一个旋转工作台一个旋转主轴头机床这样三大类，如图 1-8～图 1-10 所示。

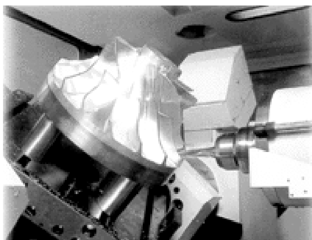


图 1-7　工作台回转的卧式五轴加工中心叶轮



图 1-8　双旋转主轴头机床

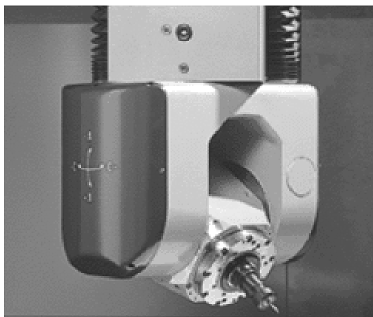


图 1-9　双摆头主轴头

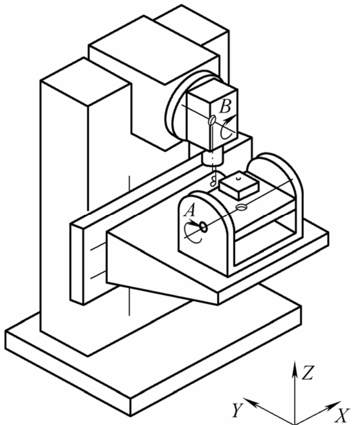


图 1-10　一个旋转工作台一个旋转主轴头机床

1.2.3 控制轴和加工坐标系

进行数控加工首先要了解控制轴和加工坐标系的相关知识，下面加以简单介绍。

由数控系统控制的机床运动轴称为控制轴，如图 1-11 所示。数控机床通过各个移动件的运动产生刀具与工件之间的相对运动来实现切削加工。为表示各移动件的移动方位和方向（机床坐标轴），在 ISO 标准中统一规定采用右手直角笛卡儿坐标系对机床的坐标系进行命名，直线轴用 *X*，*Y*，*Z* 表示，旋转轴用 *A*、*B*、*C* 分别表示绕 *X*，*Y*，*Z* 旋转的旋转轴。

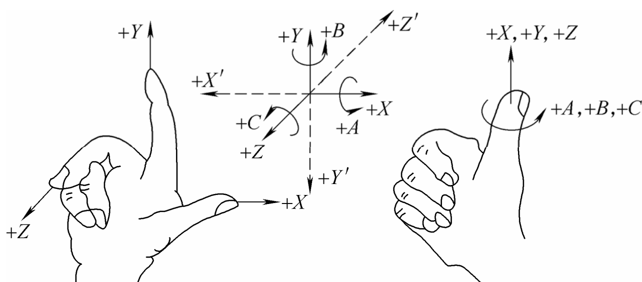


图 1-11 数控系统的控制轴

确定机床坐标轴，一般是先确定 *Z* 轴，再确定 *X* 轴和 *Y* 轴。

1. **确定 *Z* 轴**

对于有主轴的机床，如车床、铣床等则以机床主轴轴线方向作为 *Z* 轴方向。对于没有主轴的机床，如刨床，则以与装夹工件的工作台相垂直的直线作为 *Z* 轴方向。如果机床有几个主轴，则选择其中一个与机床工作台面相垂直的主轴作为主要主轴，并以它来确定 *Z* 轴方向。

2. **确定 *X* 轴**

X 轴一般位于与工件安装面相平行的水平面内；对于机床主轴带动工件旋转的机床，如车床、磨床等，则在水平面内选定垂直于工件旋转轴线的方向为 *X* 轴，且刀具远离主轴轴线方向为 *X* 轴的正方向；对于机床主轴带动刀具旋转的机床，当主轴是水平的，如卧式铣床、卧式镗床等，则规定人面对主轴，选定主轴左侧方向为 *X* 轴正方向；当主轴是竖直时，如立式铣床、立式钻床等，则规定人面对主轴，选定主轴右侧方向为 *X* 轴正方向；对于无主轴的机床，例如刨床，则选定切削方向为 *X* 轴正方向。

3. **确定 *Y* 轴**

Y 轴方向可以根据已选定的 *Z*、*X* 轴方向，按右手直角坐标系来确定。

1.2.4　数控铣削加工工艺制订

1. **零件数控加工工艺分析**

加工工艺分析就是指对零件的加工顺序进行规划。其具体安排应该根据零件的结构、材料特性、夹紧定位、机床功能、加工部位的数量以及安装次数等进行灵活划分，一般可根据“粗精加工”进行划分。

1）粗加工阶段：粗加工阶段是为了去除毛坯上大部分的余量，使毛坯在形状和尺寸上基本接近零件的成品状态，这个阶段最主要的问题是如何获得较高的生产率。

2）半精加工阶段：半精加工阶段是使零件的主要表面达到工艺规定的加工精度，并保留一定的精加工余量，为精加工做好准备。半精加工阶段一般安排在热处理之前进行，在这个阶段，可以将不影响零件使用性能和设计精度的零件次要表面加工完毕。

3）精加工阶段：精加工阶段的目的是保证加工零件达到设计图样所规定的尺寸精度、技术要求和表面质量要求。零件精加工的余量都很小，主要考虑的问题是如何达到最高的加工精度和表面质量。

2. **设置加工工艺参数**

加工工艺参数的选择是数控加工关键步骤之一。它直接影响到加工效率、刀具寿命或零件精度等问题。选择切削用量要有丰富的实践经验，在数控编程时，只能凭借编程者的经验和刀具切削用量的推荐值初步确定，而最终的切削用量将根据数控程序的调试结果和实际加工情况来确定。

合理确定加工工艺参数的原则是：粗加工时，为了提高效率，在保证刀具、夹具和机床刚性足够的条件下，切削用量选择的顺序是：首先选大一些的吃刀量，其次选择较大的进给量，然后选择适当的切削速度。精加工时，加工余量小，为了保证工件的表面粗糙度，尽可能增加切削速度，这时可适当减少进给量。

1）粗加工：粗加工是大体积切除工件材料，表面质量要求很低，工件表面粗糙度 *Ra* 要达到 12.5～25μm，可以取轴向切削深度为 3～6mm，径向切削深度为 2.5～5mm，为后续半精加工留 1～2mm 的加工余量。如果粗加工后直接精加工，则留 0.5～1mm 的加工余量。

2）半精加工：半精加工是把粗加工后的表面加工得光滑一点，同时切除凹角的残余材料，给精加工留厚度均匀的加工余量。半精加工后，工件表面的粗糙度 *Ra* 要达到 3.2～12.5μm，轴向切削深度和径向切削深度可取 1.5～2mm，给后续精加工留 0.3～0.5mm 的加工余量。

3）精加工：精加工是最后达到尺寸精度和表面粗糙度要求的加工。工件的表面粗糙度 *Ra* 要达 0.8～3.2μm，轴向切削深度可取 0.5～1mm，径向切削深度

可取 0.3～0.5mm。

3. 切削用量的确定

数控切削用量主要包括“铣削速度”、“进给速度”和“吃刀量”等。合理选择切削用量的原则是：粗加工时，一般以提高生产率为主，但也应考虑经济性和加工成本；半精加工和精加工时，应在保证加工质量的前提下，兼顾切削效率、经济性和加工成本。具体数值应根据机床说明书、切削用量手册并结合经验而定。

（1）进给速度　进给速度表示单位时间内刀具沿进给方向移动的距离，以 u_{f} 表示。

u_{f} 应根据零件的加工精度和表面粗糙度要求以及刀具和工件材料来选择。u_{f} 的增加可以提高生产效率。加工表面粗糙度要求低时，u_{f} 可选择得大些。在加工过程中，u_{f} 也可通过机床控制面板上的修调开关进行人工调整。但是最大进给速度要受到设备刚度和进给系统性能等的限制。

通常根据主轴转速、刀具材料、切削毛坯材料等因素，选择较大的进给速度以提高加工效率，一般设定为 300～600mm/min。

（2）吃刀量　切削时，铣刀的端面和铣刀一个方向的侧面切入工件，端面切入工件的深度成为轴向吃刀量，侧面切入工件的深度成为侧吃刀量。

在机床、工件和刀具刚度允许的情况下，轴向吃刀量就等于加工余量，这是提高生产率的一个有效措施。但是为了保证零件的加工精度和表面粗糙度，一般应留一定的余量进行精加工。在数控加工中，为保证零件必要的加工精度和表面粗糙度，建议留少量的余量（0.2～0.5mm），在最后的精加工中沿轮廓走一刀。粗加工时，除了留有必要的半精加工和精加工余量外，在工艺系统刚性允许的条件下，应以最少的次数完成粗加工。留给精加工的余量应大于零件的变形量和确保零件表面完整性。

（3）铣削速度　铣削速度表示铣刀的圆周切线速度称为铣削速度，通常用主轴转速 n 表示。

提高切削速度也是提高生产率的一个措施，但切削速度与刀具寿命的关系比较密切。随着切削速度的增大，刀具寿命急剧下降，故切削速度的选择主要取决于刀具寿命。

通常按经验，高速钢 ϕ3～ϕ16mm 刀具，一般设置主轴转速为 500～1800r/min，硬质合金刀具为 1500～3000r/min（高速加工除外）。

1.3　数控车削加工原理与工艺

车削数控加工是数控加工中用得最多的加工方法之一，由于数控车床具有

加工精度高，能作直线和圆弧插补以及在加工过程中能自动变速的特点，因此凡是能在数控车床上装夹的回转体零件都能在数控车床上加工。

1.3.1　数控车削加工原理

数控车床主要由 5 部分组成，如图 1-12 所示。

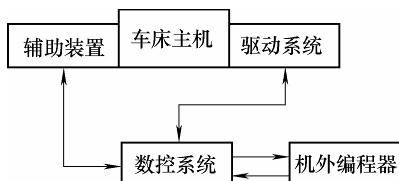


图 1-12　数控车床的组成

（1）车床主机　即数控车床的机械部分，主要包括床身、主轴箱、刀架、尾座、进给传动机构等。

（2）数控系统　即控制系统，是数控车床的控制核心，其中包括 CPU、存储器、CRT 等部分。

（3）驱动系统　即伺服系统，是数控车床切削工作的动力部分，主要实现主运动和进给运动。

（4）辅助装置　是为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，冷却、照明、润滑、防护和排屑装置。

（5）机外编程器　是在普通的计算机上安装一套编程软件，使用这套编程软件以及相应的后置处理软件，就可以生成加工程序。通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质，把生成的加工程序输入到车床的控制系统中，完成零件的加工。

普通车床与数控车床相比，其结构基本相同。但是，在普通车床中，主运动和进给运动的动力都来源于同一台电动机，它的运动是由电动机经过主轴箱变速，传动至主轴，实现主轴的转动，同时经过交换齿轮架、进给箱、光杠或丝杠、溜板箱传动到刀架，实现刀架的纵向进给移动和横向进给移动。主轴转动与刀架移动的同步关系依靠齿轮传动链来保证。而数控车床则与之完全不同。其主运动和进给运动是由不同的电动机来驱动的。即主运动由主轴电动机驱动，主轴采用变频无级调速的方式进行变速；驱动系统采用伺服电动机驱动，经过滚珠丝杠传送到机床滑板和刀架，以连续控制的方式，实现刀具的纵向进给运动（Z 向）和横向进给运动（X 向）。数控车床主运动和进给运动的同步信号来源于安装在主轴上的脉冲编码器，当主轴旋转时，脉冲编码器便向数控系统发出检测脉冲信号，数控系统对脉冲编码器的检测信号进行处理后传给伺服系统中的伺服控制器，伺服控制器再去驱动伺服电动机移动，从而使主运动与刀架的切削进给保持同步。

1.3.2 数控车削加工的用途和加工对象

数控车削加工能够加工轴类或盘类的回转体零件，如图 1-13 所示。由于数控车床能自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、端面、螺纹等工序的切削加工，并能进行切槽、钻孔、铰孔等加工。所以，除此之外，数控车床还特别适合加工形状复杂、精度要求高的轴类或盘类零件。

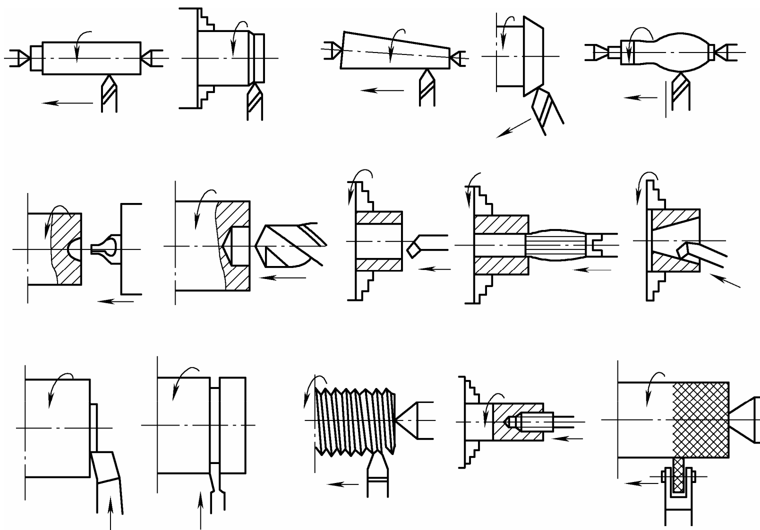


图 1-13　数控车削加工的加工范围

数控车削加工是数控加工中用得最多的加工方法之一。由于数控车床具有加工精度高、能加工直线或圆弧以及在加工过程中能自动变速等特点，因此其工艺范围较普通车床宽得多。针对数控车床的特点，下列几种零件最适合车削数控加工：

1. 轮廓形状复杂的回转体零件

由于数控车床具有直线和圆弧插补功能，部分车床数控装置还有某些非圆曲线插补功能，所以能车削由任意直线和平面曲线组成的形状复杂的回转体零件和难于控制尺寸的零件，例如具有封闭内成形面的壳体零件。

组成零件轮廓的曲线可以是数控方程式描述的曲线，也可以是列表曲线。对于由直线或圆弧组成的轮廓，直接利用机床的直线或圆弧插补功能。对于由非圆曲线组成的轮廓，可以用非圆曲线插补功能；若所选机床没有非圆曲线插补功能，则应先用直线或圆弧逼近，然后再用直线或圆弧插补功能进行插补切削。

2. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床的刚性好，制造和对刀精度高，以及能方便和精确地进行人工补偿，甚至自动补偿，所有能够加工尺寸精度要求高的零件。一般来说，车削 IT7

级尺寸精度的零件应该没有什么困难。在有些场合可以以车代磨。此外，由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，再加上机床的刚性好和制造精度高，所以它能加工对素线直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。对圆弧以及其他曲线轮廓的形状，加工出的形状和图样上的目标几何形状的接近程度，比仿形车床要好得多。数控车削对提高位置精度特别有效，不少位置精度要求高的零件用传统的车床车削达不到要求，只能用磨削或其他方法弥补。车削零件位置精度的高低主要取决于零件的装夹次数和机床的制造精度，在数控车床上加工，如果发现要求位置精度较高，可以用修改程序内数据的方法来校正，这样可以提高其位置精度，而在传统车床上加工是无法进行这种校正的。

3. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速度切削功能，能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。因为在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。切削速度变化，致使车削后的表面粗糙度不一致。使用数控车床的恒线速度切削功能，就可选用最佳线速度来切削锥面、球面和端面等，使车削后的表面粗糙度值小而均匀。

4. 带横向加工的回转体零件

带有键槽或径向孔，或端面有分布的孔系，以及有曲面的盘套或轴类零件，例如带有法兰的轴套、带有键槽或方头的轴类零件等，这类零件适合选择车削加工中心加工。当然端面有分布的孔系、曲面的盘类零件也可以选择立式加工中心加工。这类零件如果采用普通机床加工，工序分散，工序数目多，采用加工中心后，由于有自动换刀系统，使得一次装夹可完成普通车床的多个工序的加工，减少了装夹次数，实现了工序集中的原则，保证了加工质量的稳定性，提高了生产率，降低了生产成本。

5. 带特殊螺纹的回转体零件

普通车床所能车削的螺纹相当有限，它只能车等导程的直、锥面米制或英制螺纹，而且一台车床只能限定加工若干导程的螺纹。数控车床不但能车削任何等导程的直、锥和端面螺纹，而且能车增导程、减导程及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹，还具有高精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成形刀具以及可以使用较高的转速，所有车削出来的螺纹精度高，表面粗糙度小。

1.3.3 数控车削加工工艺制订

数控车床是按事先编制好的加工程序对零件进行自动加工的，手工编制的加工程序水平的高低将直接影响零件的加工质量、生产率和刀具寿命。数控车床是一种高效率的自动化设备，它的效率高于普通机床的 2～3 倍，所以要充分

发挥数控机床的这一特点，必须熟练掌握其性能、特点、使用操作方法，同时还必须在编程之前正确地确定加工方案。

1. **加工方案的确定**

在数控车床上，能够完成内外回转体表面的车削、钻孔、镗孔、铰孔和攻螺纹等加工操作，具体选择时，要根据零件的加工精度、表面粗糙度、材料、结构形状、尺寸及生产类型等因素，选择相应的加工方法和加工方案。

（1）数控车削外回转表面及端面加工方案的确定

- 加工精度为 IT7～IT8 级、表面粗糙度 *Ra* 为 0.8～1.6μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用普通型数控车床，按粗车、半精车、精车的方案进行。
- 加工精度为 IT5～IT6 级、表面粗糙度 *Ra* 为 0.2～0.63μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精细车的方案进行。
- 加工精度高于 IT5 级、表面粗糙度 *Ra* 小于 0.08μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用高档精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精密车的方案进行。
- 对于淬火钢等难车削材料，其淬火前可采用粗车、半精车的方法，淬火后安排磨削加工。

（2）数控车削内回转表面加工方案的确定

- 加工精度为 IT8～IT9 级、表面粗糙度 *Ra* 为 1.6～3.2μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用普通型数控车床，按粗车、半精车、精车的方案进行。
- 加工精度为 IT6～IT7 级、表面粗糙度 *Ra* 为 0.2～0.63μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精细车的方案进行。
- 加工精度高于 IT5 级，表面粗糙度 *Ra* 小于 0.08μm 的除淬火钢以外的常用金属，可采用高档精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精密车的方案进行。
- 对于淬火钢等难车削材料，其淬火前可采用粗车、半精车的方法，淬火后安排磨削加工。

2. **加工工序划分**

对于需要多台不同的数控机床、多道工序才能完成加工的零件，工序划分自然以机床为单位。而对于需要很少的数控机床就能加工完零件全部内容的情况，数控加工工序的划分一般可按下列方法进行：

1）以一次安装所进行的加工作为一道工序　将位置精度要求较高的表面安排在一次安装下完成，以免多次安装所产生的安装误差影响位置精度。

2）以一个完整数控程序连续加工的内容为一道工序　有些零件虽然能在一次安装中加工出很多待加工面，但考虑到程序太长，会受到某些限制。

3）以工件上的结构内容组合用一把刀具加工为一道工序　有些零件结构较复杂，既有回转表面也有非回转表面，既有外圆、平面也有内腔、曲面。对于加工内

容较多的零件，按零件结构特点将加工内容组合分成若干部分，每一部分用一把典型刀具加工。这时可以将组合在一起的所有部位作为一道工序。

4）以粗、精加工划分工序　对于容易发生加工变形的零件，通常粗加工后需要进行矫形，这时粗加工和精加工作为两道工序，可以采用不同的刀具或不同的数控车床加工。对毛坯余量较大和加工精度要求较高的零件，应将粗车和精车分开，划分成两道或更多的工序。

下面以车削图示手柄零件为例，说明工序的划分。

3. 加工顺序的确定

在数控车床上加工零件，应按照工序集中的原则划分工序，在一次安装下尽可能完成大部分或全部表面的加工。根据零件结构形状的不同，通常选择外圆、端面或内孔、端面装夹，并力求设计基准、工艺基准和编程原点的统一。在对零件图进行认真和仔细的分析后，制定加工方案的一般原则为先粗后精、先近后远、先内后外、程序段最少、走刀路线最短。

（1）先粗后精　为了提高生产效率并保证零件的精加工质量，在切削加工时，应先安排粗加工工序，在较短的时间内，将精加工前的大部分加工余量去除掉，同时尽量满足精加工余量均匀性要求。当粗加工工序安排完后，接着安排换刀后进行的半精加工和精加工。其中安排半精加工的目的是：当粗加工后所留余量的均匀性满足不了精加工要求时，则可安排半精加工作为过渡性工序，以便使精加工余量小而均匀。

在安排可以一刀或多刀进行的精加工工序时，其零件的最终加工轮廓应由最后一刀连续加工而成。这时，刀具的进、退刀位置要考虑妥当，尽量不要在连续的轮廓中安排切入和切出或换刀及停顿，以免因切削力突然变化而造成弹性变形，致使光滑连接轮廓上产生表面划伤、形状突变或滞留刀痕等。

（2）先近后远　先近后远是指加工部位相对于对刀点的距离大小而言的，在一般情况下，特别是在粗加工时，通常安排离对刀点近的部位先加工，离对刀点远的部位后加工，以便于缩短刀具移动距离，减少空行程时间。

（3）内外交叉　在加工既有内表面又有外表面需加工的零件时，先安排内外表面粗加工，后进行内外表面精加工，易于控制其内外表面的尺寸和表面形状的精度。切不可将零件上一部分表面（外表面或内表面）加工完毕后，再加工其他表面。

（4）程序段最少　按照每个单独的几何要素（直线、斜线和圆弧等）分别编制出相应的加工程序及构成加工程序的程序段。在加工程序的编制工作中，总是希望以最少的程序段数即可实现对零件的加工，以使程序简洁，减少出错的几率及提高编程工作的效率。

由于机床数控装置普遍具有直线和圆弧插补运算的功能，除了非圆曲线外，程序段数可以由构成零件的几何要素及由工艺路线确定的各条程序段得到。对于非圆曲线轨迹加工所需的主程序段数，要在保证加工精度的条件下，进行计算后才能得知。这时，一条非圆曲线应按逼近原理划分成若干个主程序段（大多为直线或圆弧），当能满足其精度要求时，所划分的若干个主程序段的段数仍应为最少。这样，不但可以大大减少计算的工作量，而且能减少输入的时间及计算机内存容量的占有数。

（5）走刀路线最短　确定走刀路线的工作重点，主要在于确定粗加工及空行程的走刀路线，因为精加工切削过程的走刀路线基本上都是沿其零件轮廓顺序进行的。走刀路线泛指刀具从对刀点开始运动起，直至返回该点并结束加工程序所经过的路径，包括切削加工的路径及刀具引入、切出等非切削空行程。

1.3.4　数控车削加工切削用量的选择

数控车削加工中的切削用量包括背吃刀量 a_p、主轴转速 n 或切削速度 u_c（用于恒线速度切削）、进给速度 u_f 或进给量 f。

1. 切削用量的选用原则

粗车时，应尽量保证较高的金属切除率和必要的刀具寿命。选择切削用量时应首先选取尽可能大的背吃刀量 a_p，其次根据机床动力和刚性的限制条件，选取尽可能大的进给量 f，最后根据刀具寿命的要求，确定合适的切削速度 u_c。增大背吃刀量 a_p 可减少走刀次数，增大进给量 f 有利于断屑。

精车时，对加工精度和表面粗糙度要求较高，加工余量不大，且应较均匀。选择精车的切削用量时，应着重考虑如何保证加工质量，并在此基础土尽量提高生产率。因此，精车时应选用较小（但不能太小）的背吃刀量和进给量，并选用性能高的刀具材料和合理的几何参数，以尽可能提高切削速度。

2. 切削用量的选取方法

（1）背吃刀量的选择　粗加工时，除留下精加工余量外，一次走刀尽可能切除全部余量，也可分多次走刀。精加工的加工余量一般较小，可一次切除。在中等功率机床上，粗加工的背吃刀量可达 8～10mm；半精加工的背吃刀量取 0.5～5mm；精加工的背吃刀量取 0.2～1.5mm。

（2）进给速度（进给量）的确定　粗加工时，由于对工件的表面质量没有太高的要求，这时主要根据机床进给机构的强度和刚性、刀杆的强度和刚性、刀具材料、刀杆和工件尺寸以及已选定的背吃刀量等因素来选取进给速度。精加工时，则按表面粗糙度要求、刀具及工件材料等因素来选取进给速度。

进给速度 u_f 可以按下面公式计算，

$$u_f = fn$$

式中　f 表示每转进给量，粗车时一般取 0.3～0.8mm/r；精车时常取 0.1～0.3mm/r；切断时常取 0.05～0.2mm/r。

（3）切削速度的确定　切削速度 u_c 可根据已经选定的背吃刀量、进给量及刀具寿命选取。在实际加工过程中，也可根据生产实践经验和查表的方法选取。粗加工或工件材料的加工性能较差时，宜选用较低的切削速度。精加工或刀具材料、工件材料的切削性能较好时，宜选用较高的切削速度。切削速度 u_c 确定后，可根据刀具或工件直径（D）按公式 $n=1000u_c/\pi D$ 来确定主轴转速 n（r/min）。

1.4　数控线切割加工原理与工艺

1.4.1　线切割机床的加工原理

电火花切割加工简称“线切割”，它利用移动着的细金属丝（铜丝或钼丝）作为工具电极，并在金属丝与工件之间通以脉冲电流，利用脉冲放电的电蚀作用对工件进行切割加工。其加工原理如图 1-14 所示，电极丝穿过工件上预先钻好的小孔，经导轮由储丝筒带动作往复交替移动。工件通过绝缘板安装在工作台上，由数控装置按加工程序发出指令，控制两台步进电动机，以驱动工作台在水平面上沿 X、Y 两个坐标方向移动而合成任意平面曲线轨迹。由高频脉冲发生器对电极丝与工件施加脉冲电压，喷嘴将工作液以一定的压力喷向加工区，当脉冲电压击穿电极丝和工件之间的间隙时，两者之间随即产生电火花放电而切割工件。

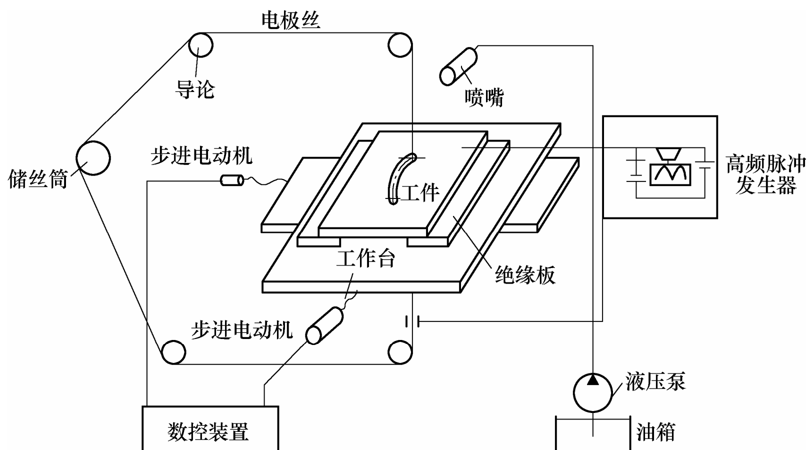


图 1-14　线切割机床加工原理

线切割有许多无可比拟的优点。例如：线切割具有加工余量小、加工精度高、生产周期短、制造成本低等突出优点，已在生产中获得广泛的应用。电火花线切割加工能正常运行，必须具备下列条件：

1）钼丝与工件的被加工表面之间必须保持一定间隙，间隙的宽度由工作电压、加工量等加工条件决定。

2）电火花线切割机床加工时，必须在有一定绝缘性能的液体介质例如煤油、皂化油、去离子水等中进行。要求介质较高绝缘性是为了利于产生脉冲性的火花放电。液体介质还有排除间隙内电蚀产物和冷却电极的作用。钼丝和工件被加工表面之间保持一定间隙，如果间隙过大，极间电压不能击穿极间介质，则不能产生电火花放电；如果间隙过小，则容易形成短路连接，也不能产生电火花放电。

3）必须采用脉冲电源，即火花放电必须具有脉冲性、间歇性，在脉冲间隔内，使间隙介质消除电离，使下一个脉冲能在两极间击穿放电。

1.4.2 线切割加工的特点与应用范围

1. 线切割加工的特点

线切割加工具有很多优点，发展速度很快，得到广泛的应用。其优点如下：

（1）加工精度高　线切割是通过高温熔化或气化局部金属而达到材料的切除，因此工件和电极之间没有切削力，工件不存在力学变形。线切割采用移动的电极丝进行加工，因此电极丝在单位长度上的损耗较少，对加工精度的影响也小。线切割加工自动化程度高，可以对影响加工精度的加工参数（脉冲宽度、脉冲间隙、加工电流）进行调节和控制，提高切割精度。

（2）可加工形状复杂的零件　线切割可以加工其他方法难以加工或根本无法加工的零件，例如凸轮、异形槽、冲模等外形复杂的精密零件和狭缝，尺寸精度可达到±0.01mm，表面粗糙度 *Ra* 为 1.25～2.5μm。

（3）材料的利用率高　线切割加工的切缝很窄，只对工件进行轮廓切割加工，实际的金属腐蚀量很小，材料的利用率高，适合于贵重金属的加工。

2. 线切割加工的应用

线切割广泛应用于加工各种硬质合金和淬火钢冲模、样板、各种复杂的外形、窄缝、精细零件等，可多件叠加起来加工，并能获得一致的尺寸。因此，线切割工艺为新产品试制、精密零件和模具的制造开辟了一条新的途径。具体的应用如下：

1）加工各种模具，如凸、凹模。

2）加工成形工具，如加工带锥度型腔的电极板、微细复杂形状的电极和各种形状的样板、成形刀具。

3）加工微细孔、槽、窄缝等。

4）加工各种稀有金属和贵重金属。

5）加工各种由直线组成的直纹面，如圆锥面、螺旋面以及各种二维曲面等。

6）同时切割凹凸模。利用线切割机的锥度切割功能，可一次加工出达到所需配合间隙的一副冲裁用凹凸模具。

1.4.3　四轴数控线切割加工原理

图 1-15 为四轴线切割数控（NC）加工原理图，在 NC 控制装置的作用下，工作台作 *X-Y* 方向的移动，上、下导向器作 *U-V* 方向移动，构成 4 轴联动控制，使电极丝倾斜一定的角度，从而实现锥度切割和上下异形截面形状的加工。

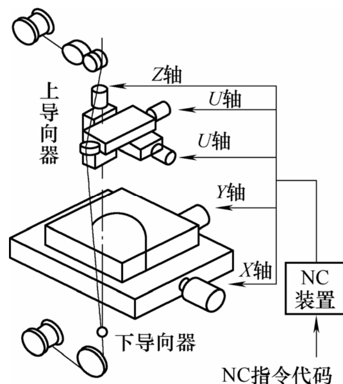


图 1-15　四轴线切割数控加工原理

1.4.4　数控线切割加工的工艺内容

利用线切割机床进行加工时，经常会遇到如何解决加工速度与表面粗糙度的矛盾、加工速度的提高与减少电极丝损耗的矛盾以及如何避免断丝等问题。要正确解决这些问题，就必须制定出合理的线切割加工工艺。线切割加工工艺的制定包括以下内容：

1. **电极丝**

电极丝的粗细影响切割缝隙的宽窄。电极丝直径越细，切缝越小。电极丝直径最小的可达ϕ0.05mm，但太小时，电极丝强度太低，容易折断。一般采用直径为 0.1～0.3mm 的电极丝。

2. **电极丝移动速度**

根据电极丝移动速度的大小分为高速走丝线切割和低速走丝线切割。低速走丝线切割的加工质量高，但设备费用、加工成本也高。高速走丝时，线电极采用高强度钼丝，钼丝以 8～10m/s 的速度作往复运动。在加工过程中钼丝可重

复使用。低速走丝时，多采用铜丝，电极丝以小于 0.2m/s 的速度作单方向低速移动，电极丝只能一次性使用。

3. **切割起点与切割路线的选择**

切割起点是起始切割点，往往也是几何图形的终止点。起点选择不当会使工件切割表面留下痕迹。起始点应尽量选在几何图形的拐角处，选在工件表面粗糙度值要求高的一侧，且尽可能选在工件切割后容易修磨的表面上。

切割路线的选择主要以防止或减少工件变形为原则，一般应考虑使靠近装夹这一边图形为最后切割。在一般情况下，最好将工件与夹持部分分割的线段安排在切割路线的末端。

4. **穿丝孔的选择**

穿丝孔是工件上为穿过电极丝而预先钻出的小孔。穿丝孔的大小应便于钻孔或镗孔加工，不宜过大或过小，一般在 3～10mm 范围内取整数值。穿丝孔常作为加工基准，因此加工穿丝孔一般在较高精度的机床上进行，或采用电火花穿孔，以保证穿丝孔的位置、尺寸精度。

5. **电参数的选择**

脉冲宽度越宽加工效率越高，加工越稳定，但表面粗糙度值会增大。反之亦然。因此，根据不同工件的加工要求选择合适的脉冲宽度。

脉冲间隔小，使切割速度提高，但会给排屑带来困难，加工不稳定。脉冲间隔大，使排屑有充裕的时间，使切割速度下降。

放电峰值的选择会影响切割速度和断丝。低速走丝机床峰值电流一般为 100～150A，最大达 1000A。工件较厚、粗切削时采用较大的放电峰值电流。

空载电压的大小会直接影响到放电间隙的大小，进而引起切割速度和加工精度的变化，对断丝影响也较大。当电极丝直径较小（0.1mm）、切缝较窄，或要减小加工面腰鼓形时，应选较低的空载电压；当要改善拐角的塌角时，应尽量选择较高的空载电压，一般低速走丝机床选 150V。

1.5 多轴数控加工机床

下面分别对三轴、四轴、五轴数控加工机床以及车铣复合加工机床的特点，做一简要介绍。

1.5.1 三轴数控加工机床

三轴连动的机床是 X、Y、Z 三轴能同时在运动中进行加工的机床。是最常用的数控机床，也是最普通的数控机床。三轴数控加工机床通常分为立式、卧式、立卧两用式 3 种，下面分别加以介绍。

1. **立式数控铣床**

立式数控铣床主体部分由底座、立柱、鞍座、工作台、主轴箱等组成，如图 1-16 所示。立式数控铣床主轴轴线垂直于水平面，这种铣床占数控铣床的大多数，应用范围也最广，主要用于水平面内的型面加工。

2. **卧式数控铣床**

卧式数控铣床的主轴轴线与工作台面平行，主要用来加工箱体类零件，如图 1-17 所示。一般配有数控回转工作台以实现四轴或五轴加工，从而扩大功能和加工范围。卧式数控铣床相比立式数控铣床，结构复杂，在加工时不直观。

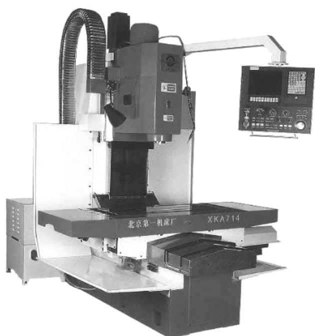


图 1-16　立式数控铣床



图 1-17　卧式数控铣床

3. **立卧两用数控铣床**

立卧两用数控铣床的主轴轴线可以变换，使一台铣床具备立式数控铣床和卧式数控铣床的功能，如图 1-18 所示。这类机床适应性更强，应用范围更广，尤其适合多品种、小批量又需立卧两种方式加工的情况，但其主轴部分结构较为复杂。

1.5.2　四轴数控加工机床

四轴数控加工通过具有三根直线运动轴 X、Y、Z 轴和一根旋转轴 A 轴或者 B 轴的数控加工机床来实现。图 1-19 为典型的四轴联动数控机床。



图 1-18　立卧两用数控铣床

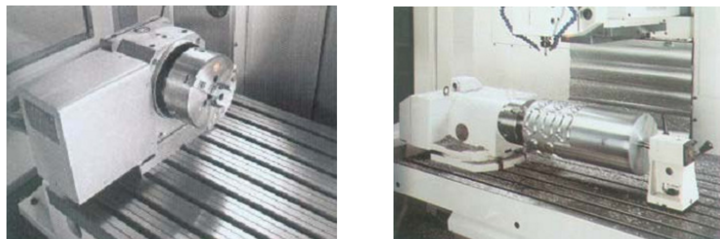


图 1-19　四轴联动数控机床

常见的四轴数控加工机床类型包括 3+1 形式的四轴联动机床、具有 *B* 轴的卧式四轴加工中心，下面分别介绍。

1．3+1 **形式的四轴联动机床**

这类机床是在三轴立式数控铣床或加工中心上，附加具有一个旋转轴的数控转台来实现四轴联动加工，如图 1-20 所示。



数控转台安装在工作台上　　数控转台装夹工件

图 1-20　数控转台

由于以立式铣床或加工中心作为主要加工形式，所以数控转台只能算作是机床的一个附件。这类机床的特点是：

1）价格相对便宜。由于数控转台是一个附件，所以用户可以根据需要选配。

2）装夹方式灵活。用户可以根据工件的形状选择不同的附件，既可以选择自定心卡盘装夹，也可以选配单动卡盘或者花盘装夹。

3）拆卸方便。用户在利用三轴加工大工件时，可以把数控转台拆卸下来。当需要时可以很方便地把数控转台安装在工作台上进行四轴联动加工。

立式加工中心可以选用沈阳机床厂的 VMC850E 机床。该机床的特点是：结构紧凑，性价比高，如图 1-21 所示。

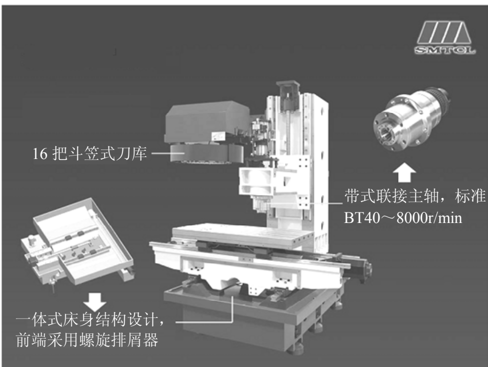


图 1-21　沈阳机床厂的 VMC850E 机床

2．**具有 B 轴的卧式四轴加工中心**

图 1-22 所示为日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心。该机床是高精度加工中

心。它采用全闭环控制系统。反馈元件是精密直线光栅尺和圆光栅；主机采用横床身、框架式动立柱布局；分度转台采用高精度多齿盘；数控系统是 FANUC-11M。该机床配有两个可自动交换的工作台，当左工作台上的工件处于加工状态时，操作者可在右工作台上对另一个工件进行准备工作，从而提高加工效率。该机床适合于箱体类零件的加工，例如加工减速箱、阀体以及需多面加工的零件等。

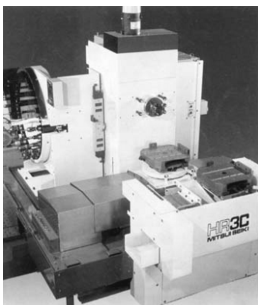


图 1-22　日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心

1.5.3　五轴数控加工机床

具体内容见 1.2.2 节。

1.5.4　车铣复合加工机床

复合加工是机械加工领域目前国际上最流行的加工工艺之一，是一种先进制造技术。复合加工就是把几种不同的加工工艺，在一台机床上实现。复合加工应用最广泛、难度最大的，是车铣复合加工。车铣复合加工中心相当于一台数控车床和一台加工中心的复合。

图 1-23 为车铣复合加工中心。车铣复合加工中心的车床主轴和铣削主轴头都采用带编码器、能精确定位和锁紧的电主轴。在车削时，车床主轴带动工件旋转，铣削主轴锁紧，作为带 *B* 轴的车床刀架使用，而在铣削时，车床主轴则反过来作为 *A* 轴转盘使用。

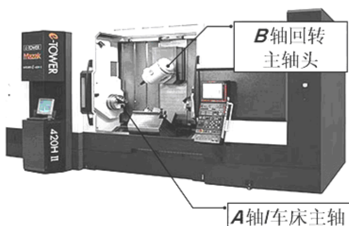


图 1-23　马扎克 Integrexe-420H 车铣复合加工中心

1．**车铣复合加工的特点**

与常规加工设备不同的是，一台车铣复合加工中心实际上相当于一条生产

线，工序集中是复合加工最为鲜明的工艺特点。如何根据零件工艺特性和车铣复合加工的工艺特点制定合理的工艺路线、装夹方法和选用合理的数控刀具，是实现高效精密加工的关键。

2. **车铣复合加工机床**

图 1-24 为沈阳机床的 HTM63150iy 五轴车铣复合机床，是一台具有国际先进水平的产品。其主要特点是具有 *X*、*Y*、*Z*、*B*、*C* 五轴联动功能，配有前后主轴，是一种具有高转速、高精度、高刚性的复合加工机床。由于具有 *Y* 轴和 *B* 轴功能，因此机床加工工艺范围广，采用的刀具种类和规格较多，可以加工盘类、轴类零件的外圆、内孔、端面、切槽、螺纹以及锥面、圆弧曲面等。该机床的显著特点是可以铣削叶片螺旋面、加工偏心零件、铣削斜面，特别适用于军工、航天、航空等加工制造行业的复杂零件的加工。零件经一次装夹可以加工完成全部或大部分工序，大大提高了工作效率，保证零件的加工精度。



图 1-24　HTM63150iy 五轴车铣复合机床

图 1-25 为德国的 Mill 800 铣车复合加工中心。它是在 Mill800 优异的铣削性能基础上，进一步增加了车削功能，可实现功能强大的铣车复合加工。为了满足不同种类的加工需求，该机床的配置非常丰富，包括：铣头的数控 *B* 轴摆动功能（±100°）、转速达 5000r/min 的高速车削主轴、多种长度规格的棒料库及自动送料装置、顶尖和虎钳合二为一的数控尾座、自动下料装置、9000～20000r/min 不同转速的电主轴以及不同容量的刀库系统等。Mill800 不但可以进行复杂的五轴联动铣削加工，也可以进行立式或卧式车削加工，一次上料可以完成 6 面完全加工。其最大可加工棒料直径达 100mm。



图 1-25　德国的 Mill800 铣车复合加工中心

图 1-26 为德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear。除了保留 GMX linear 车铣加工系列机床的所有优点外，还吸取了 DMG 其他机床的众多优点。集合了 Siemens SolutionLine 和 ShopTurn 的编程控制系统，是全球独一无二的一项创举。德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear 首次采用图形辅助编程技术，解除了大多数人对于万能车削加工中心操作编程复杂的顾虑，这项技术可以应用于零件的 3D 模拟加工，甚至可以加入 *B* 轴的模拟加工。



图 1-26　德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear

1.6　本章小结

本章对数控铣削、车削以及线切割加工的基本原理、数控加工工艺参数的设置以及多轴数控机床特点进行了简要介绍。读者通过学习，将对数控多轴加工的理论专业知识有一个大致的了解，为后面的数控加工实例学习做好准备。

第 2 章　CATIA V5 R20 多轴数控加工基础

CATIA 具有强大的数控加工功能，本章将详细介绍 CATIA V5 R20 数控加工基础知识，包括加工环境和用户界面、三轴数控加工技术、多轴数控加工技术和车削加工技术，以下首先介绍加工界面及设置管理。

2.1　CATIA V5 R20 数控加工界面及设置

CATIA V5 R20 数控加工模块包括车削加工（Lathe Machining）、2.5 轴铣削棱柱加工（Prismatic Machining）、曲面加工（Surface Machining）、高级加工（Advanced Machining）、NC 加工审视（NC Manufacturing Review）、STL 快速成型（STL Rapid Prototyping）等部分，能实现 2.5～5 轴的数控加工。

2.1.1　进入 CATIA V5 R20 加工模块

在进入数控加工模块之前，首先选择下拉菜单“工具”→“选项”命令，将选项对话框（图 2-1）左侧选项栏切换为“加工”，单击“General”选项卡，选中“Create a CATPart to store geometry”复选框。


注意

选中“Create a CATPart to store geometry”复选框，系统会自动创建一个毛坯文件。如果在进行加工前，已经将目标加工零件和毛坯零件装配在一起，则应取消该复选框。

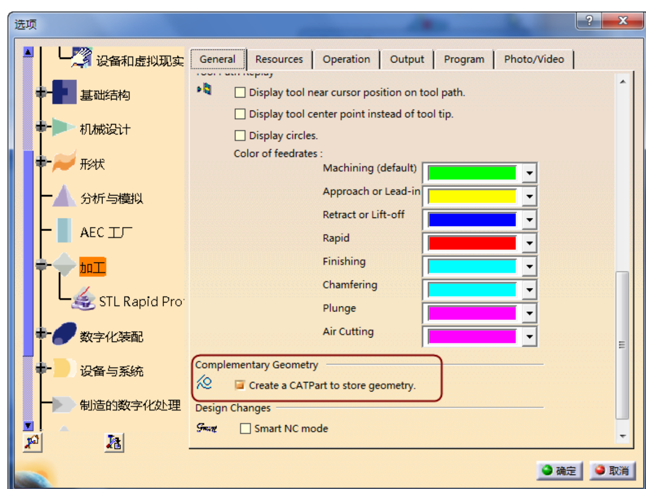


图 2-1　“选项”对话框

2.1.2　CATIA V5 R20 数控加工用户界面

启动 CATIA V5 R20 后，单击标准工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择所要加工的零件实体模型（.CATPart）文件，单击“OK”按钮，打开模型文件，然后选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

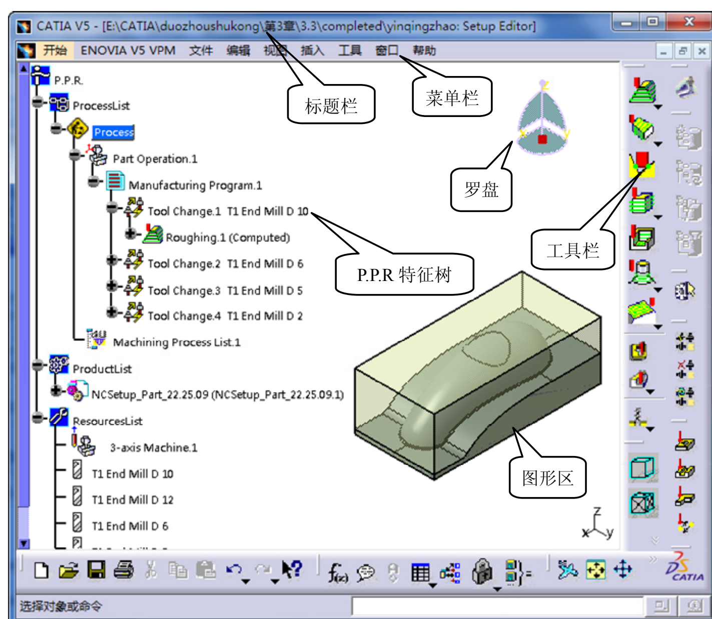


图 2-2　CATIA V5 R20 数控加工用户界面

CATIA V5 R20 数控加工用户界面如图 2-2 所示，主要包括标题栏、菜单栏、工具栏、图形区、P.P.R 特征树和罗盘等，下面简单介绍与加工有关的选项。

1．P.P.R 特征树

在 CATIA V5 R20 中，“P.P.R”特征树记录了当前制造的所有内容和过程。几乎所有制造工作台的特征树结构基本相同，如图 2-3 所示。

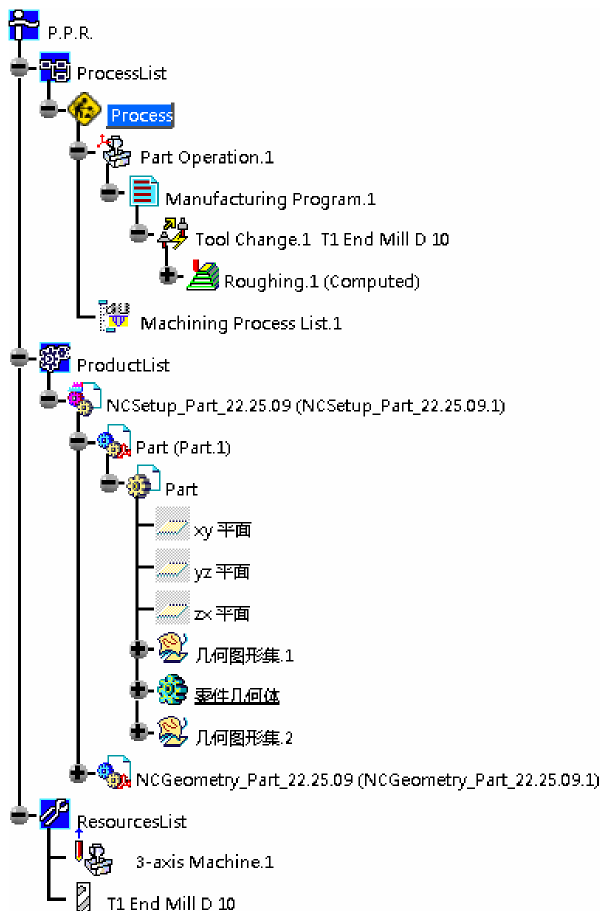


图 2-3 “P.P.R”特征树

- “ProcessList”（过程清单）：用于记录所有把零件从毛坯制成成品的加工操作、使用的相关刀具和其他辅助操作。

➢ “Part Operation”（零件操作）：用于记录制造资源和相关参考数据。

➢ “Manufacturing Program”（制造过程）：用于记录零件操作所执行的所有加工操作和刀具变换清单。

● “ProductList”（产品清单）：用于记录所有被加工零件几何元素及其补充几何元素的 CATPart 文件。CATPart 文件自动关联零件设计操作，文件中的零件实例将建立在 ProductList 节点中。

● “ResourceList”（资源清单）：用于记录所有的资源，包括机床、刀具和刀具组件。

选择“Manufacturing Program.1”节点，使其成为当前节点，可插入制造过程，包括加工操作、刀具和辅助命令。另外，在特征树上双击“ProductList”节点下的条目，可切换到零件设计工作台，根据设计时不同的构建，可进行零件、线框或曲面设计的编辑修改；在特征树下双击某个制造节点可切换到制造工作台。

2. **菜单栏**

（1）“编辑”菜单

1）在特征树上选中“Part Operation”节点，再选择菜单栏中的“编辑”→“Part Operation.1”对象命令，弹出如图 2-4 所示菜单。



图 2-4　“Part Operation.1”对象菜单

● “定义”：选择该命令进入零件操作（Part Operation）对话框。

● “取消激活”：选择该命令使零件操作处于非激活状态。

● “Hide Children”：选择该命令隐藏零件操作的子节点。

● “Assign Machine From File…”：选择该命令由文件为零件操作指派机床。

● “Assign Machine from PPR…”：选择该命令由树状目录资源列表为零件指派机床。

2）在特征树上选中“Manufacturing Program”节点，再选择菜单栏中的“编辑”→“Manufacturing Program.1”对象命令，弹出如图 2-5 所示菜单。

在特征树上选中某个操作节点，再选择菜单栏中的“编辑”→某个操作.1 对象命令，弹出如图 2-6 所示菜单。

● “定义”：选择该命令进入加工操作定义对话框。

● “取消激活”：选择该命令使加工操作的演示和输出处于非激活状态。

● “Hide Children”：选择该命令隐藏加工操作的子节点。

● “Assign a Feature…”：选择该命令指派加工操作的特征。

● “Replace Tool…”：选择该命令在加工操作中变换刀具。

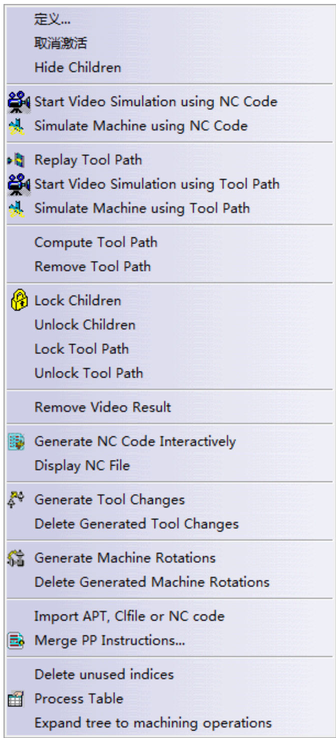


图 2-5 “Manufacturing Program.1”对象菜单

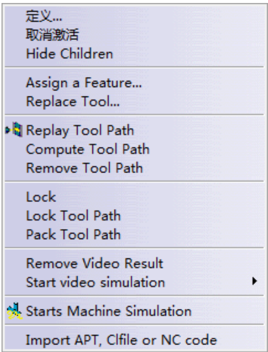


图 2-6 加工操作.1 对象菜单

- “Replay Tool Path”：选择该命令演示刀具路径。
- “Compute Tool Path”：选择该命令在加工操作中计算刀具路径。
- “Remove Tool Path”：选择该命令在加工操作中删除已计算的刀具路径。
- “Lock Tool Path”：选择该命令将锁定加工操作中的所有参数设置。
- “Remove Video Result”：选择该命令删除所有已存储的加工操作材料去除视频模拟结果。

（2）“插入”菜单　选择菜单栏上的“插入”命令，弹出“插入”菜单，如图 2-7 所示。

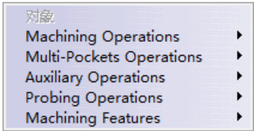


图 2-7 “插入”菜单

- “Machining Operations”（加工操作）：加工操作下拉菜单的内容根据不同的工作台有不同的内容，将在以后详细叙述。
- “Auxiliary Operations”（辅助操作）：用于设置加工辅助操作。
- “Machining Features”（加工特征）：“Milling Features”（铣削特征）选

择该命令插入铣削类型的加工操作。“Machining Axis System”（加工轴系统）选择该命令插入加工坐标轴系统。

（3）“工具”菜单　选择菜单栏上的“工具”命令，弹出“工具”菜单，如图 2-8 所示。

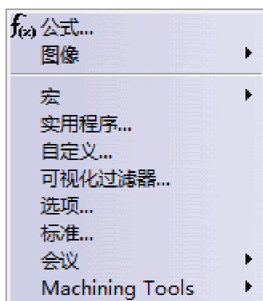


图 2-8　“工具”菜单

- “公式...”：选择该命令编辑参数和公式。
- “图像”：选择该命令抓取图像。
- “宏”：选择该命令记录、运行和编辑宏。
- “实用程序...”：选择该命令进入批处理功能。
- “自定义...”：选择该命令进行用户加工环境的设置。
- “可视化过滤器...”：选择该命令管理可视化过滤器。
- “选项...”：选择该命令进行 NC 制造模块的设置。
- “标准...”：选择该命令访问标准（一般标准、绘图标准等）。
- “会议”：选择该命令进入会议功能。

3．**工具栏**

下面仅介绍常用的与制造有关的工具栏：

（1）“Manufacturing Program”（制造过程）工具栏　用于建立制造过程和零件操作，如图 2-9 所示。

- Part Operation 按钮：用于添加零件操作，包括机床、工件坐标系和零件安装等。
- Manufacturing Program 按钮：用于在单个零件中添加制造过程（Manufacturing Program），然后插入所有必要的制造条目，包括加工操作、换刀和后置处理指示等。

（2）“Geometry Management”（几何管理）工具栏　用于在建立加工操作过程中，需要用到一些辅助几何元素，如图 2-10 所示。

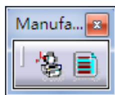


图 2-9 “Manufacturing Program”（制造过程）工具栏



图 2-10 “Geometry Management”（几何管理）工具栏

- Creates rough stock 按钮：用于在零件周围建立最小的长方体毛坯。
- Inserts an STL file 按钮：用于将 STL 数据文件插入到零件中。
- Creates a stock by offset 按钮：用于通过对加工目标零件进行偏移建立毛坯。
- Points Creation Wizard 按钮：用于建立点。
- Limit Lines Projection Wizard 按钮：用于建立投影线。
- Limit Lines Creation Wizard 按钮：用于建立曲线。

（3）“Machining Operations”（加工操作）工具栏　用于定义相关加工操作，即加工工序，如图 2-11 所示。有关命令按钮含义将在下文应用中具体讲解。

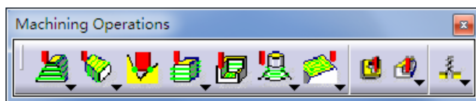


图 2-11 “Machining Operations”（加工操作）工具栏

（4）“NC Output Management”（NC 输出管理）工具栏　用来验证刀具路径或产生 NC 输出，如图 2-12 所示。



图 2-12 “NC Output Management”（NC 输出管理）工具栏

- Tool Path Replay 按钮：演示刀具路径工具。
- Generate NC Code in Batch Mode 按钮：批处理模式创建 NC 代码。
- Generate NC Code Interactively 按钮：交互模式创建 NC 代码。
- Generate Documentation 按钮：生成 HTML 格式 NC 加工报表文件。
- Screen Capture 按钮：在屏幕上抓取 JPEG 格式图像。

2.2　CATIA V5 R20 数控加工的一般流程

利用 CATIA V5 R20 进行数控加工应遵循一定的加工流程，如图 2-13 所示。

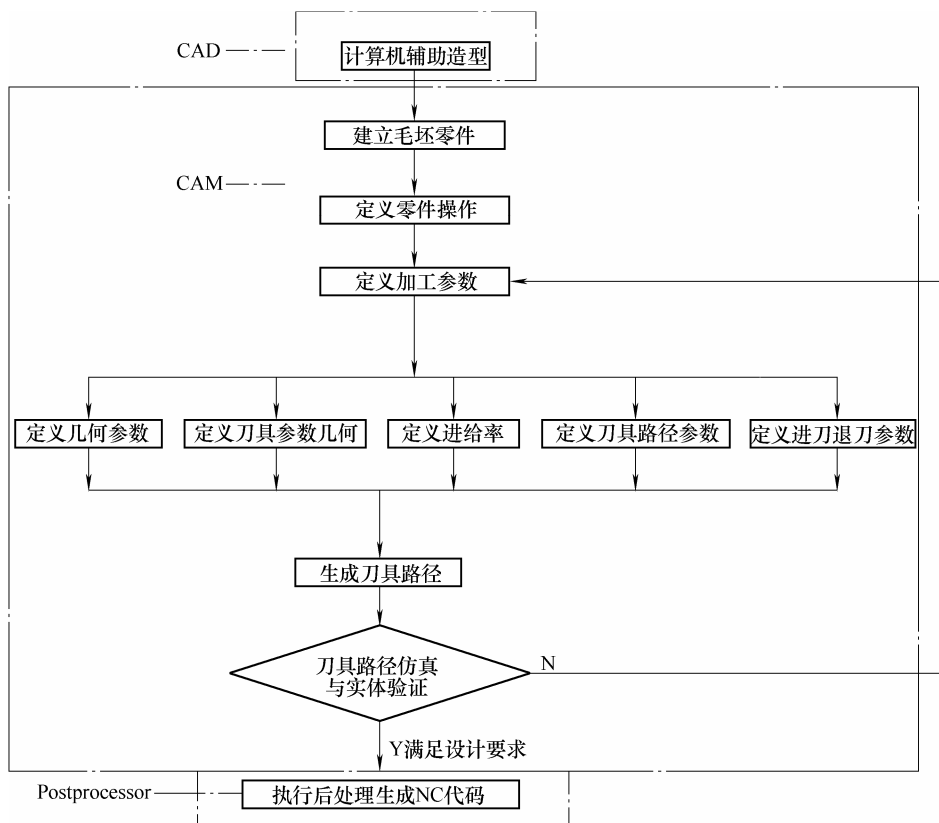


图 2-13　CATIA V5 R20 数控加工流程

下面将数控加工流程中的相关内容作一个简单介绍。

2.2.1　创建毛坯零件

毛坯用于表示被加工零件毛坯的几何形状，是系统计算刀轨的重要依据。创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料，加工完成后毛坯零件的几何参数应与目标加工零件的几何参数一致。

创建毛坯零件的步骤如下：

1）单击“Geometry Management”工具栏上的 Creates rough stock 按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框，单击“Part body”文本框，选择一个目标加工零件，如图 2-14 所示。

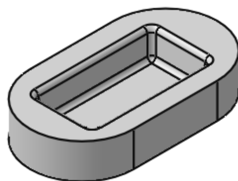


图 2-14　选择目标加工零件

2）在图形区用一个线框包围整个零件，“Rough Stock”对话框下部将显示毛坯尺寸，如图 2-15 所示。读者可根据需要编辑毛坯尺寸数值。

3）单击“Rough Stock”对话框中的“确定”按钮，创建的毛坯零件如图 2-16 所示。

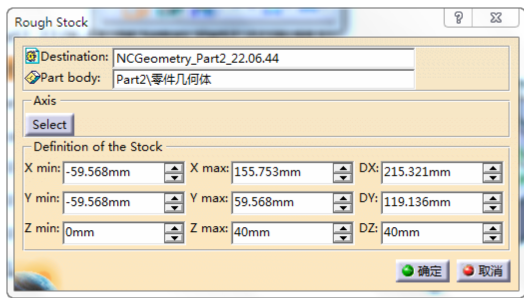


图 2-15 “Rough Stock”对话框图

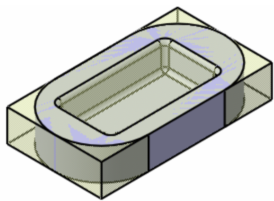


图 2-16 创建的毛坯零件

2.2.2 定义零件操作

定义零件操作主要包括选择数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、创建毛坯零件，选择夹具和创建安全平面等。

双击特征树 P.P.R.中“Process”节点下的“Part Operation1”节点，弹出“Part Operation”对话框，如图 2-17 所示。

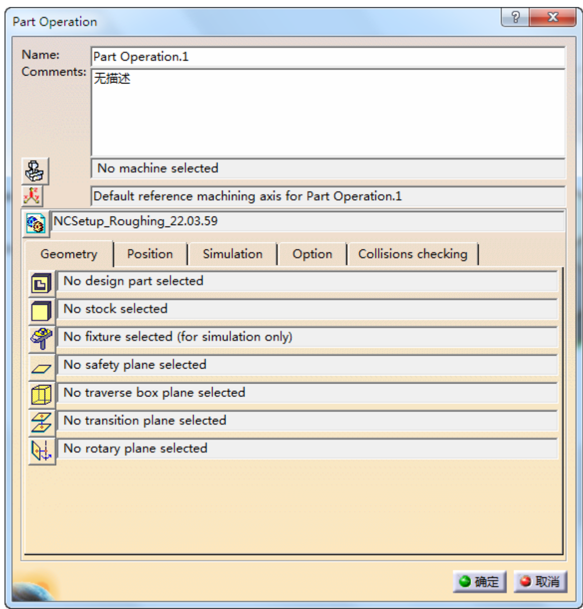


图 2-17 “Part Operation”对话框

“Part Operation”对话框中相关选项含义如下：

1．选择机床

选择机床指选择数控加工所用的机床种类和型号。选择机床的步骤如下：

单击“Part Operation”对话框中的选择机床按钮，弹出“Machine Editor”对话框，如图 2-18 所示。

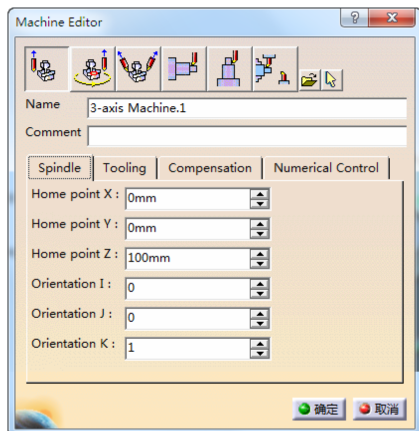


图 2-18　“Machine Editor”对话框

“Machine Editor”对话框中选项按钮含义如下：

- 3-axis Machine 按钮：三轴联动机床。
- 3-axis With Rotary Table Machine 按钮：四轴联动机床。
- 5-axis Machine 按钮：五轴联动机床。
- Horizontal Lathe Machine 按钮：水平（卧式）车床。
- Vertical Lathe Machine Deprecated 按钮：立式车床。
- Multi-slide Lathe Machine 按钮：多轴车床。
- Assign a machine from file selection 按钮：（单击该按钮）打开“选择文件”对话框，导入现有的机床参数文件。
- Assign a machine from ResourcesList selection 按钮：（单击该按钮）在特征树上选择用户已经创建的机床。

2．定义加工坐标系

加工坐标系是指以加工原点为基准建立的坐标系。加工原点也称为程序原点，是指零件装夹好后，相应的编程原点在机床坐标系中的位置。

定义加工坐标系的步骤如下：

1）单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis for Part Operation.1 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框，如图 2-19 所示。

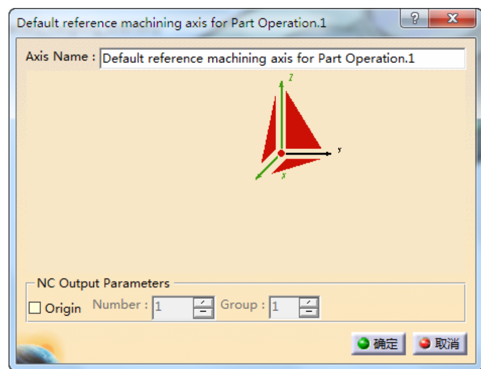


图 2-19 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框

2）单击“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框中的红色敏感区，从绘图区选择相应的对象或区域作为加工坐标系。例如在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称如图 2-20 所示，单击红色坐标原点，选择图 2-20 所示的点作为坐标原点，此时“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框中的基准面、基准轴和原点由红色变成绿色，表示已定义加工坐标系，如图 2-20 所示。

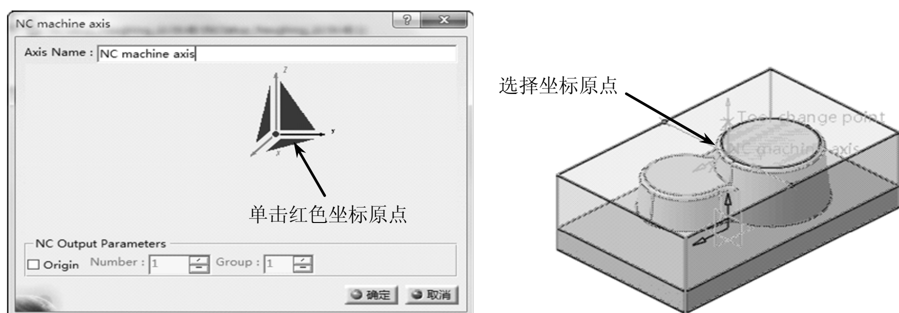


图 2-20 定义加工坐标系示意图

3. 设置几何参数

（1）目标加工零件（“Design part for simulation”） 表示加工完成后的零件，最好将其选作一个实体。创建目标加工零件如图 2-21 所示。其步骤如下：

在“Part Operation”对话框中，单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

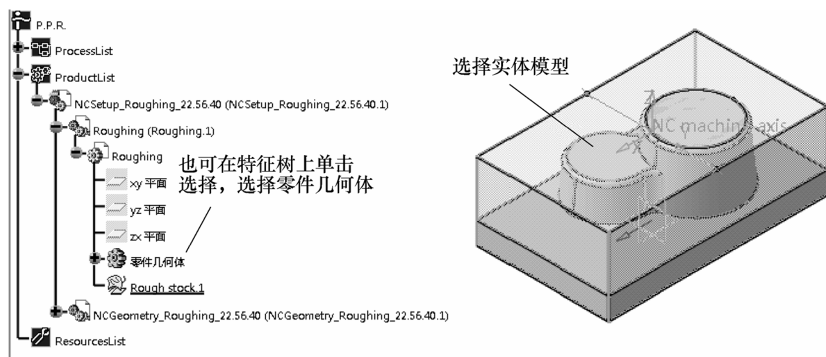


图 2-21　创建目标加工零件

（2）创建毛坯零件（“Stock”）　“毛坯零件”是指加工中所使用的毛坯形状，不一定要完全与实际加工中的毛坯一样。创建毛坯零件的步骤如下：

在“Part Operation”对话框中，单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体毛坯作为毛坯零件，如图 2-22 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

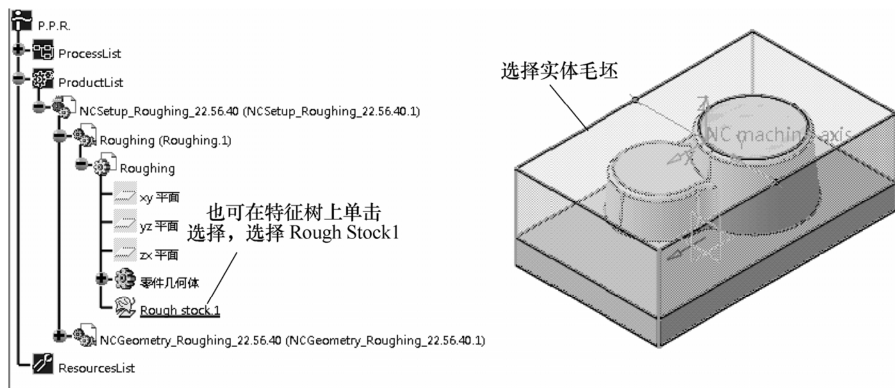


图 2-22　创建毛坯零件

（3）创建安全平面　安全高度是为了避免刀具碰撞工件或夹具而设定的高度，即在 *Z* 轴上的偏移值，由安全平面定义。在铣削过程中，如果刀具需要转移位置，将会退到这一高度，然后再进行 G00 插补到下一个进刀位置。一般情况下，这个高度应大于零件的最大高度（达到零件的最高表面）。

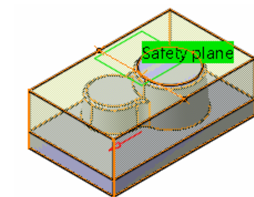


图 2-23　创建的安全平面

创建安全平面的步骤如下：

1）单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面如图 2-23 所示。

2）右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单中选择“Offset…”命令，如图 2-24 所示。

3）系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值，然后单击“确定”按钮，完成创建的安全平面如图 2-25 所示。

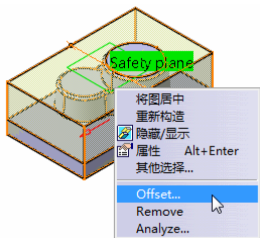
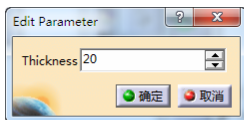


图 2-24　快捷菜单



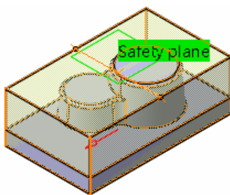


图 2-25　创建的安全平面

2.2.3　定义加工参数

1．**设置几何参数**

几何参数是指加工区域及其相关参数，可通过加工对话框中的几何参数选项卡进行定义，例如单击“Roughing.x”（“x”代表某个阿拉伯数字，下同）对话框中的，切换到几何参数选项卡（1），如图 2-26 所示。加工方法不同，几何参数选项不同，有关几何参数将分别在相应的加工操作中介绍。

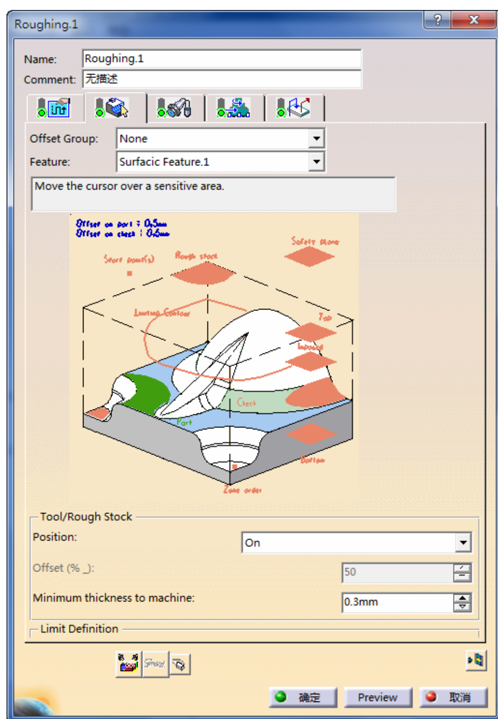


图 2-26　几何参数选项卡（1）

2. **定义刀具参数**

在加工过程中，刀具是从工件上切除材料的工具，因此定义刀具是 CAM 编程的重要内容之一。

单击“Auxiliary Operations”工具栏上的按钮右下角的黑色三角，展开如图 2-27 所示的刀具类型工具栏。利用该工具栏可选择创建所需的刀具类型。



图 2-27　刀具类型工具栏

单击“Auxiliary Operations”工具栏上所要创建的刀具类型按钮（例如 End Mill Tool Change 按钮），在特征树上选择插入刀具的节点（如：“ResourcesList”），弹出“Tooling creation”对话框，如图 2-28 所示。

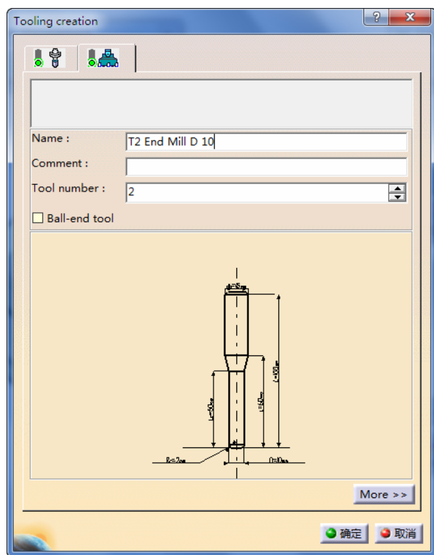


图 2-28　“Tooling creation”对话框

- “Name”：用于输入刀具名称。
- “Comment”：用于输入刀具的说明。
- “Tool number”：用于输入新建刀具的编号。

单击“More”按钮，展开“Tool creation”对话框，用于设置刀具的具体参数，下面简单加以介绍。

（1）“Geometry”选项卡　“Geometry”选项卡用于设置刀具直径、刀具圆角、刀具全长 L、切削刃长度 L_c、长度 l、刀柄本体直径、外部直径和切削角度等参数，如图 2-29 所示。

（2）“Technology”选项卡　“Technology”选项卡用于设置切削刃数量、刀具旋转方向、加工质量、刀具轴向倾斜角度、刀具半径倾斜角度、刀齿材

料、刀具寿命等，如图 2-30 所示。

（3）“Feeds & Speeds”选项卡 “Feeds & Speeds”选项卡用于设置粗加工和精加工时的进给量和切削速度，如图 2-31 所示。

（4）“Compensation”选项卡 “Compensation”选项卡用于定义刀具补偿“Id”和补偿编号，如图 2-32 所示。

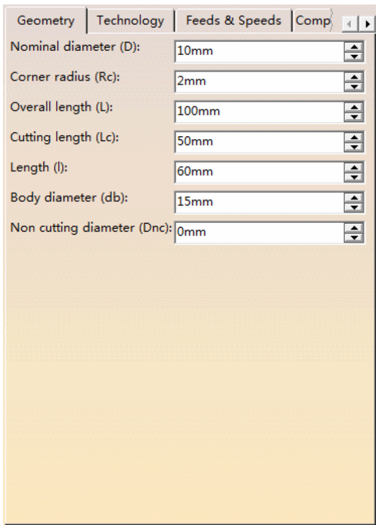


图 2-29 “Geometry”选项卡

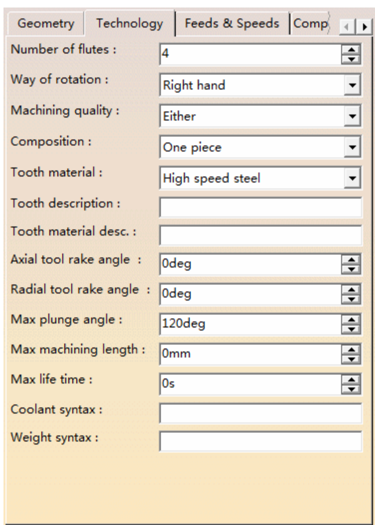


图 2-30 “Technology”选项卡

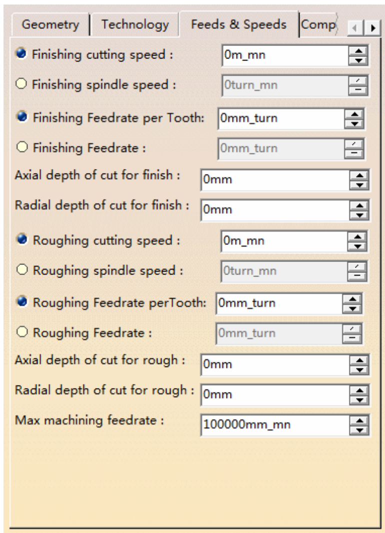


图 2-31 “Feeds & Speeds”选项卡

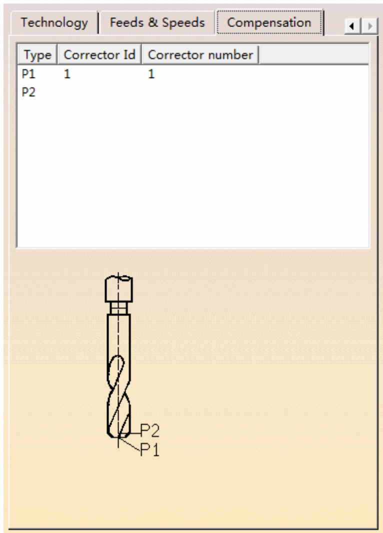


图 2-32 “Compensation”选项卡

3. 定义进给率

为了保证零件表面的加工质量和生产率，在一个刀具路径中一般有多种刀

具运动类型，如快速、进刀、切削、退刀等。

在 CATIA V5 R20 中可通过加工对话框中的进给率参数选项卡设置。下面以“Roughing”（粗加工）为例来加以介绍。单击“Roughing.x”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（1），如图 2-33 所示。

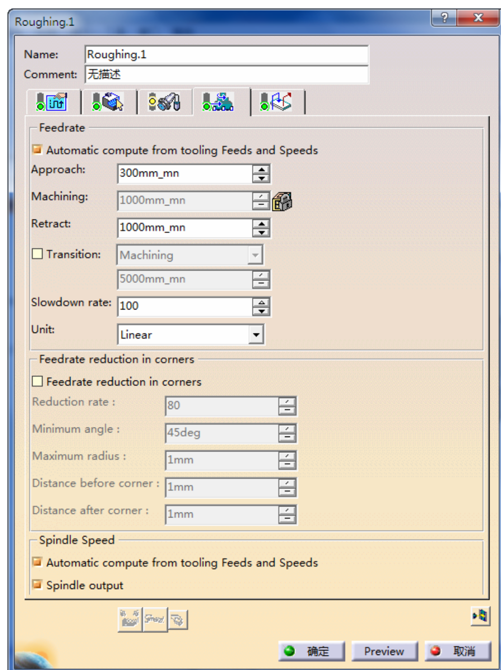


图 2-33　进给率参数选项卡（1）

1）进给率（“Feedrate”）　用于设置刀具的进给速率，包括以下选项：

● “Automatic compute from tooling Feeds and Speeds”：选中该复选框，系统将自动设置刀具进给速率的所有参数。

● “Approach”：用于设置刀具从安全平面移动到工件表面时的速度，单位通常为 mm_min（mm/min）。

● “Machining”：用于输入刀具切削工件工作时的速度，单位通常为 mm_min（mm/min）。

● “Retract”：用于设置退刀速度，单位通常为 mm_min（mm/min）。

● “Slowdown rate”：用于设置降速比率。

● “Unit”：用于选择进给速度的单位，包括“Linear”和“Angular”选项。

2）拐角减速（“Feedrate reduction in corners”）用于设置加工拐角时降低进给率参数，包括以下选项：

● “Feedrate reduction in corners”：选中该复选框，系统将激活拐角减速参数。

- “Reduction rate”：用于输入降低进给率的比率值。
- “Minimum angle”：用于输入降低进给速度的最小角度值。
- “Maximum radius”：用于输入降低进给速度的最大圆角半径。
- “Distance before corner”：用于输入距离值，该值表示加工拐角前多远开始降低进给速度。
- “Distance after corner”：用于输入距离值，该值表示加工拐角后多远开始提高进给速度。

3）主轴转速（“Spindle Speed”）用于设置主轴转速，包括以下选项：

- “Automatic compute from tooling Feeds and Speeds”：选中该复选框，系统将自动设置主轴转速。
- “Spindle output”：选中该复选框，用于自定义主轴参数。
- “Machining”：用于输入主轴转速。
- “Unit”：用于选择主轴转速的单位。

4. *定义刀具路径参数*

定义刀具路径参数就是通过定义一些参数来规定刀具在加工过程中所走的轨迹，根据不同的加工方法，刀具路径参数也有所不同。

例如单击“Roughing.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Zone”、“Bottom”和“HSM”选项，如图 2-34 所示。

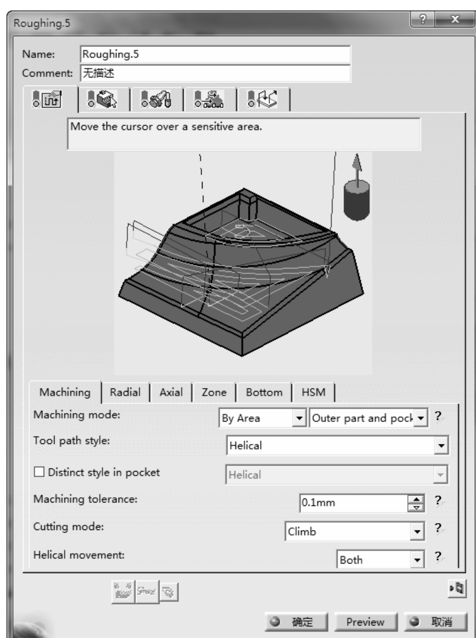


图 2-34　刀具路径参数选项卡

5．定义进刀、退刀路径

进刀、退刀路径是指加工中刀具进刀、退刀、抬刀及平移刀时的路径。此时刀具进行非切削运动，与工件表面没有接触。进刀、退刀设置的正确与否对加工效率、刀具寿命以及加工零件的质量有很大关系。

例如单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡（1），如图 2-35 所示。

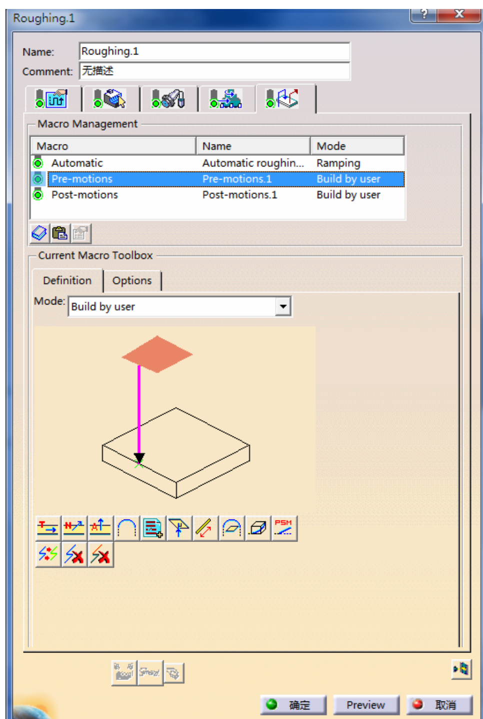


图 2-35　进刀、退刀路径选项卡（1）

进刀、退刀路径选项卡有关选项含义如下：

1）“Mode”（模式）下拉列表用于选择进刀、退刀模式，包括以下选项：

- “None”：选择不设置进刀或退刀路径。
- “Build by user”：用于自定义进刀或退刀路径。
- “Horizontal horizontal axial”：选择水平-水平-轴向进刀或退刀方式。
- “Axial”：选择轴向进刀或退刀方式。
- “Ramping”：选择螺旋进刀或退刀模式。

2）几个图标按钮：

- ：相切运动。单击该按钮，添加一个与零件加工表面相切的进刀路径。

- ：垂直运动。单击该按钮，添加一个垂直于前面一个已经添加的刀具运动的进刀路径。
- ：轴线运动。单击该按钮，增加一个与刀具轴线平行的进刀或退刀路径。
- ：圆弧运动。用于在其他运动（轴线运动外）之前增加一条圆弧路径。
- ：单击该按钮，可以根据文本文件中的点来设置退刀路径。
- ：垂直指定平面运动。用于添加一个垂直于指定平面的直线运动。
- ：指定方向直线运动。用于指定一条直线或者设置运动向量来确定直线运动。
- ：用于清除用户自定义的所有进刀或退刀运动。
- ：用于清除用户自定义的上一条进刀或退刀运动。

2.2.4 刀具路径仿真与播放模式

刀具路径仿真可以直观地观察刀具运动过程，以检验各种参数定义的合理性。

在特征树中选择加工操作节点，然后单击“NC Output Management”工具栏上的 Replay Tool path 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，如图 2-36 所示。

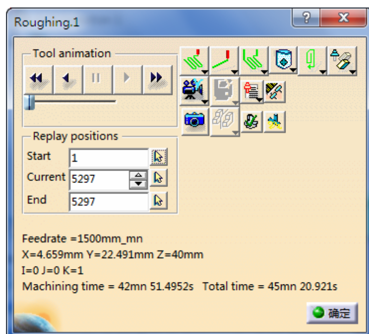


图 2-36 “Roughing.1”对话框

1）“Tool animation”用于控制刀具运动，包括以下按钮：

- ：刀具位置恢复到当前加工操作的切削起点，可使用功能键 F5 进行快捷操作。
- ：刀具运动向后播放，可使用功能键 F6 进行快捷操作。
- ：刀具运动停止播放，可使用功能键 F4 进行快捷操作。
- ：刀具运动向前播放，可使用功能键 F7 进行快捷操作。
- ：刀具位置恢复到当前加工操作的切削终点，可以使用功能键 F8 进行快捷操作。

2）刀具路径仿真的播放模式见表 2-1。

表 2-1　刀具路径仿真的播放模式

按　钮	用　途	按　钮	用　途
	连续播放模式，从刀具起点到终点，所有走刀类型不间断播放		按平面进行播放，对于多层刀具路径，逐层进行显示
	以刀具进给模式播放刀具路径		按刀位点播放，刀具在刀位点停止，需要再次单击按钮继续播放
	以后处理指令 Stop（停机）来播放刀具路径		刀具的切面路径
	只显示最后的刀具位置		显示所有刀位点处的轴线
	显示所有刀位点处的刀具		显示加工曲面，适用于切面显示模式
	显示加工曲面和所有刀位点处的轴线，适合于切面显示模式		单击该按钮，所有刀具路径都显示为同一颜色
	单击该按钮，刀具路径显示的颜色按照刀具路径的类型进行显示		显示刀尖或中心点
	只显示刀具路径的接触点		如果已存储，显示路径的接触点，否则显示刀尖或中心点
	如果已存储，显示路径的刀尖、中心点或接触点		不显示 Tracut（试切）指令刀具路径
	显示 Tracut（试切）指令刀具路径		显示刀把
	隐藏刀把		播放最后依次存储的影片
	播放完整影片		相片和影片混合
	将影片保存为 CATProduct		生成影片碰撞报告
	将影片碰撞报告保存为外部档案		影片选项设置
	单击该按钮，切换到拍照窗口		单击该按钮，可将加工结果与设计目标进行比较分析
	检查可到达性		单击该按钮，进入 NC 机加工模拟平台，开始加工路径模拟

2.3　CATIA V5 R20 三轴铣削加工技术（3 Axis Surface Machining）

CATIA V5 R20 三轴铣削加工技术包括粗加工、半精加工和精加工等。粗加工是以最大的切削速度将毛坯中多余的材料去除，包括“等高线粗加工”、“投影粗加工”和“插铣加工”等。半精加工和精加工的加工方式相同，包括“等高线精加工”、“投影精加工”、“轮廓驱动精加工”、“沿面精加工”、“螺旋精加工”、“先进精加工”和“清根加工”等。

2.3.1　等高线粗加工（Roughing）

等高线粗加工是以垂直于刀具 *Z* 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料，如图 2-37 所示。

在特征树选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.x”对话框，如图 2-38 所示。

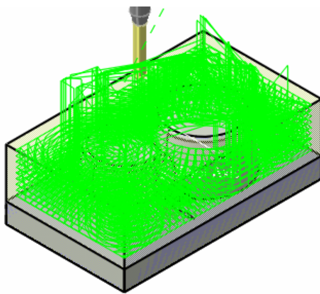


图 2-37　等高线粗加工

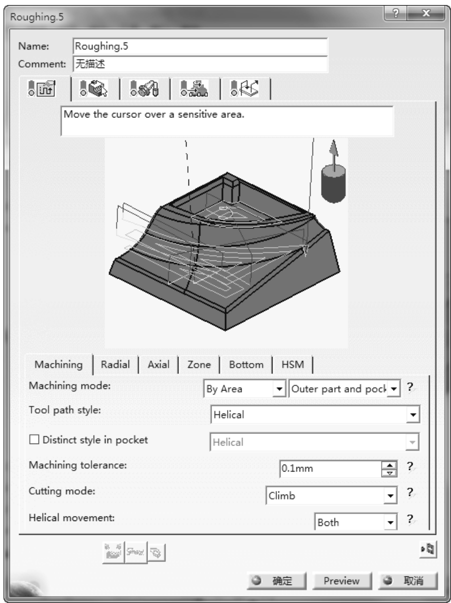


图 2-38　“Roughing.x”对话框

1. *刀具路径参数选项卡*

单击“Roughing.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Zone”、“Bottom”和“HSM”选项卡，如图 2-38 所示。

1）“Machining”选项卡。“Machining”选项如图 2-34 所示。该选项相关参数如下：

- “Machining mode”：用于选择加工方法和加工区域，包括以下选项：
  - “By Area”：按照加工区域逐个进行加工。
  - “By Plane”：按照刀具路径平面逐层进行加工。
  - “Pockets only”：只加工型腔。
  - “Outer part”：只加工零件的外部。
  - “Outer part and pockets”：型腔和零件外部全部加工。

- “Tool path style”：用于选择刀具路径形式，包括以下选项：

➢ “One-way next”：刀具沿单向进行切削，相邻两个刀具路径之间都是顺铣或逆铣，如图 2-39 所示。

➢ “One-way same”：用于产生一系列单向的平行线性刀具路径轨迹。在横向进给时，刀具直接沿切削区域轮廓切削。单向轮廓能够始终严格保持单纯的顺铣或逆铣，如图 2-40 所示。

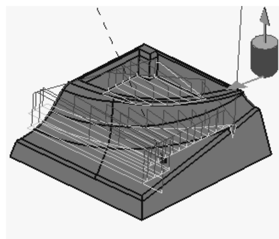


图 2-39 “One-way next”示意图

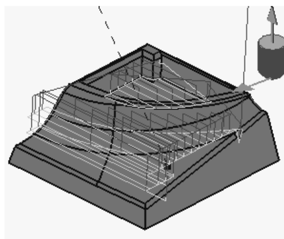


图 2-40 “One-way same”示意图

➢ “Zig-zag”：往复式走刀，用于产生一系列平行连续的线性往复刀具路径轨迹，如图 2-41 所示，是最经济省时的切削方法。但该方式会产生一系列的交替“顺铣”和“逆铣”，特别适合于粗铣加工。

➢ “Spiral”：刀具以螺旋方式进行切削，如图 2-42 所示。

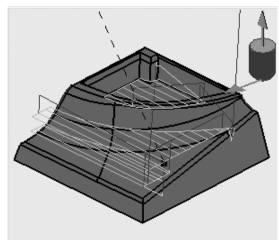


图 2-41 “Zig-zag”示意图

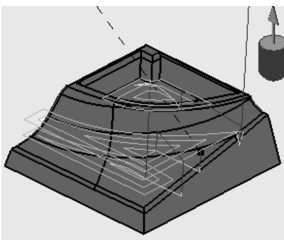


图 2-42 “Spiral”示意图

➢ “Contour only”：只进行零件外部轮廓加工，如图 2-43 所示。

➢ “Concentric”：同心圆切削，是以中心点创建逐渐增大的或逐渐减小的圆形切削模式，如图 2-44 所示。

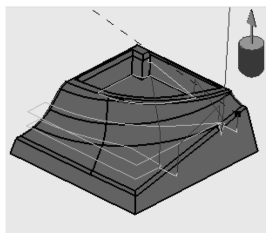


图 2-43 “Contour only”示意图

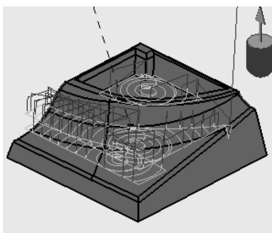


图 2-44 “Concentric”示意图

➢ “Helical”：环绕切削，如图 2-45 所示。该方法与螺旋切削的区别在于：环绕切削在拐角处形成圆形刀具路径，而螺旋切削形成环形刀具路径，如图 2-46 所示。

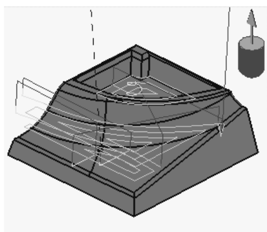


图 2-45 “Helical”示意图

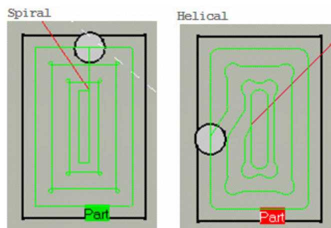


图 2-46 “Spiral”与“Helical”的区别

➢ “By Offset on part with One-Way”：刀具路径的形状是从加工零件的轮廓偏置生成的，并且刀具路径形式是单向切削，如图 2-47 所示。

➢ “By Offset on part with Zig-zag”：与“By Offset on part with One-Way”区别在于刀具是往复的，如图 2-48 所示。

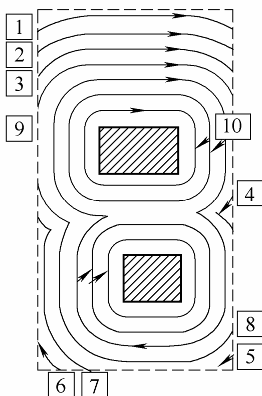


图 2-47 “By Offset on part with One-Way”示意图

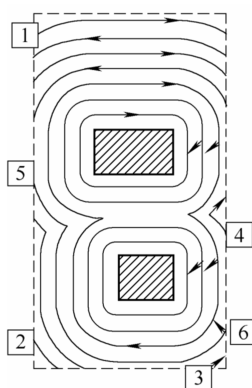


图 2-48 “By Offset on part with Zig-zag”示意图

● “Distinct style in pocket”：选中该复选框，下拉列表激活，可在其中选择一种型腔的切削刀具路径形式。

● “Machining tolerance”：用于选择加工精度数值。

● “Cutting mode”：选择铣削加工方式，包括顺铣和逆铣两种，如图 2-49 所示。

➢ “Climb”：控制刀具只进行顺铣，一般精加工采用。数控加工多用顺铣，有利于延长刀具寿命并获得较好的表面加工质量。

➢ “Conventional”：控制刀具只进行逆铣，一般粗加工采用。

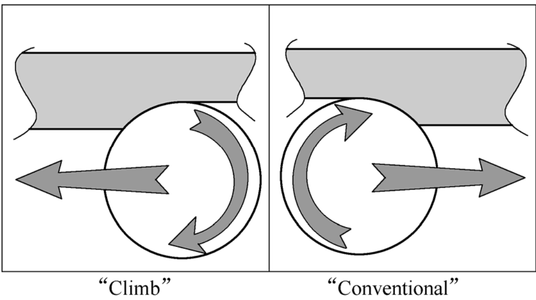


图 2-49 "Cutting mode"示意图

● "Helical movement"：用于设置螺旋移动方式，包括"Both"（双向）、"Inward"（向内）和"Outward"（向外）等，如图 2-50 所示。

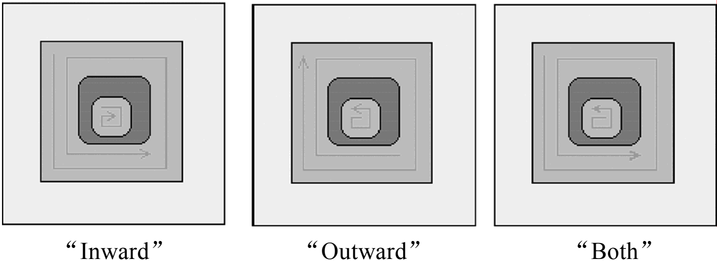


图 2-50 "Helical movement"示意图

● "Always stay on bottom"：当"Tool path style"下拉列表中选择"Helica"选项时，该复选框激活，选中后则进行多型腔铣削加工，刀具路径贴着底面走，如图 2-51 所示。

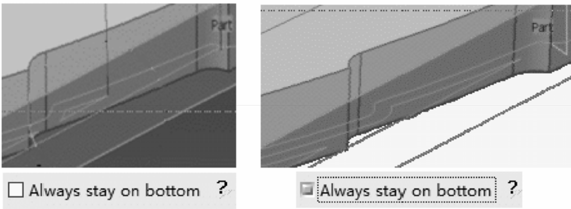


图 2-51 "Always stay on bottom"示意图（1）

2）"Radial"选项卡。如图 2-52 所示，该选项相关参数如下：

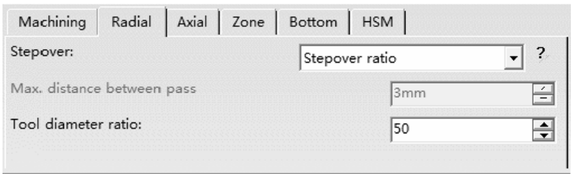


图 2-52 "Radial"选项卡（1）

● “Stepover”：用于设置刀具径向进给量，如图 2-53 所示，包括以下选项：

➢ “Overlap ratio”：径向进给以两刀具路径重叠量方式设置，以“Tool diameter ratio”文本框输入的刀具直径的百分比方式表示。

➢ “Overlap length”：径向进给以两刀具路径重叠长度方式设置，以“Overlap length”文本框刀具路径重叠长度尺寸表示。

➢ “Stepover ratio”：径向进给以刀具直径百分比表示，可在“Tool diameter ratio”文本框输入百分比数值。

➢ “Stepover length”：径向进给以长度数值表示，可在“Max. distance between pass”文本框输入长度数值。

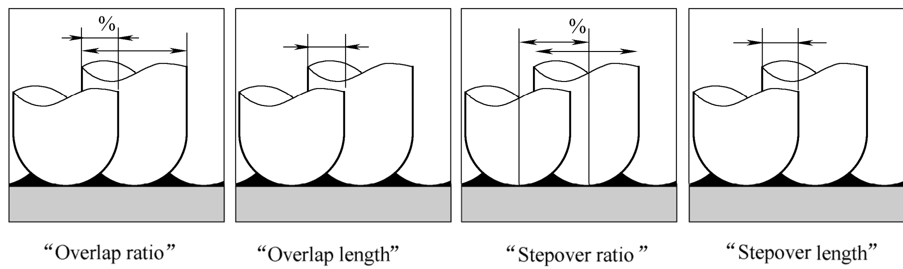


图 2-53 “Stepover”示意图

3）“Axial”选项卡。如图 2-54 所示，该选项相关参数如下：

● “Maximum cut depth”：用于输入切削时的最大轴向切深，如图 2-55 所示。

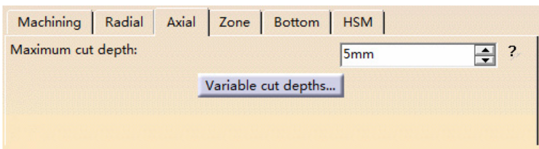


图 2-54 “Axial”选项卡（1）

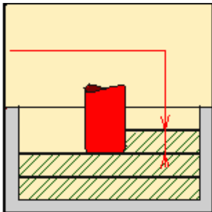


图 2-55 “Maximum cut depth”示意图

● “Variable cut depths”：单击“Variable cut depths”按钮，弹出“Variable cut depths”对话框，用于设置变化的切削深度，如图 2-56 所示。

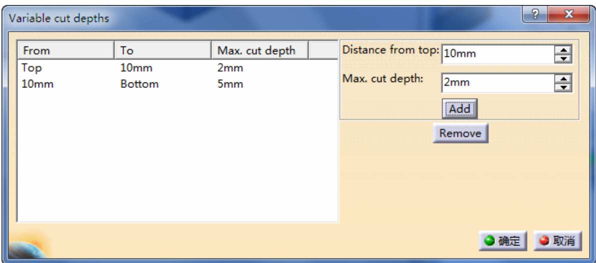


图 2-56 “Variable cut depths”对话框

4）“Zone”选项卡。如图 2-57 所示，该选项相关参数如下：

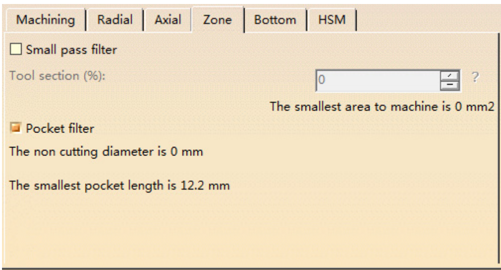


图 2-57　“Zone”选项卡（1）

● “Small pass filter”：选中该复选框，在“Tool section（%）”文本框中输入刀具横截面积的百分比作为不切削区域，该区域将在切削过程中被忽略。例如：图 2-58 所示腔槽尺寸为 9mm×9mm，图中小正方形区域为 5mm×5mm，如果“Tool section（%）”文本框的数值小于 25mm^2，则该区域将被加工。

5）“Bottom”选项卡。如图 2-59 所示，该选项相关参数如下：

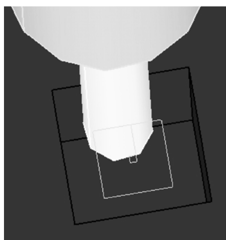


图 2-58　“Small pass filter”示意图

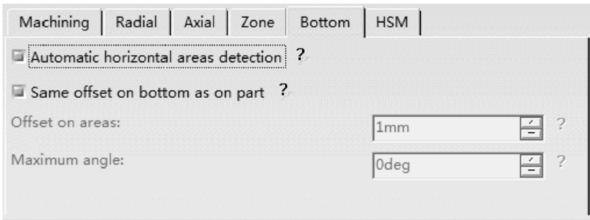


图 2-59　“Bottom”选项卡

● “Automatic horizontal areas detection”：（水平区域自动检测）。当取消该复选框时，可设置强制平面（Imposed Plane）来加工水平面，如图 2-60 所示；如果选中该复选框，系统自动进行水平区域检测，如图 2-61 所示。

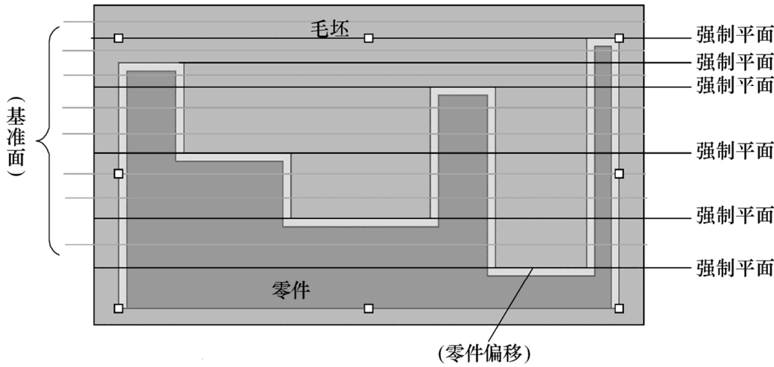


图 2-60　取消“Automatic horizontal areas detection”复选框

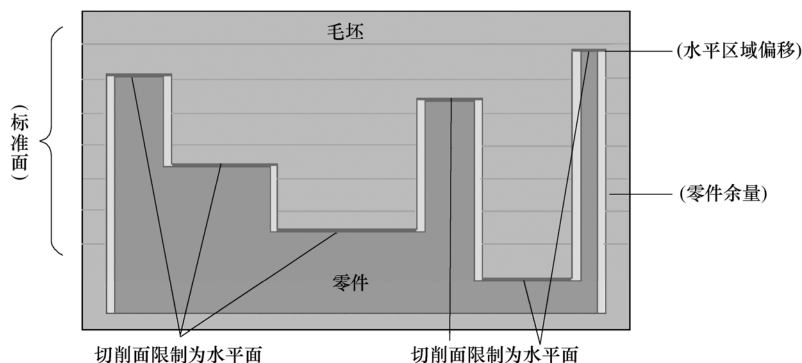


图 2-61　选中“Automatic horizontal areas detection”复选框

● “Same offset on bottom as on part”：选中“Same offset on bottom as on part”复选框，侦查出来的底部所留的加工余量与几何参数选项卡中零件面预留量设置相同；取消该复选框，可在“Offset on areas”文本框中设置底部的加工预留量。

6）“HSM”选项卡。如图 2-62 所示。

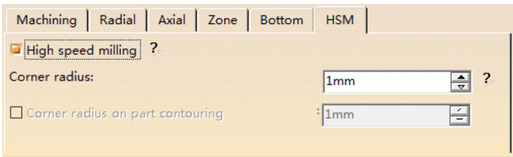


图 2-62　“HSM”选项卡

● “Corner radius”：用于设置刀具路径的过渡圆角半径，如图 2-63 所示。

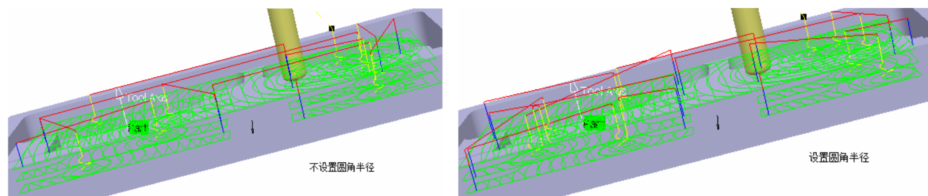


图 2-63　“Corner radius”示意图

2. *几何参数选项卡*

单击“Roughing.x”对话框中的 ，切换到“几何参数”选项卡（2），如图 2-64 所示。

1）Offset on part：1mm（零件余量）用于设置加工表面预留量，双击“Offset on part：1mm”，弹出“Edit Parameter”对话框（1），可设置余量大小，如图 2-65 所示。

2）Offset on check:1mm（检查余量）用于设置检查表面预留量，双击“Offset on Check：1mm”，弹出“Edit Parameter”对话框（2），可设置余量大小，如图 2-66 所示。

3）加工感应区：单击加工感应区，在几何显示区单击所需的加工对象，完

成后双击返回对话框，指定后相应感应区，如图 2-67 所示变成绿色。此外，在加工敏感区上单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中，选择“Remove”命令移除已选择的加工面，选择加工零件上的某些曲面，选择已定义的加工面和分析选择的加工区域等。图 2-67 说明如下：

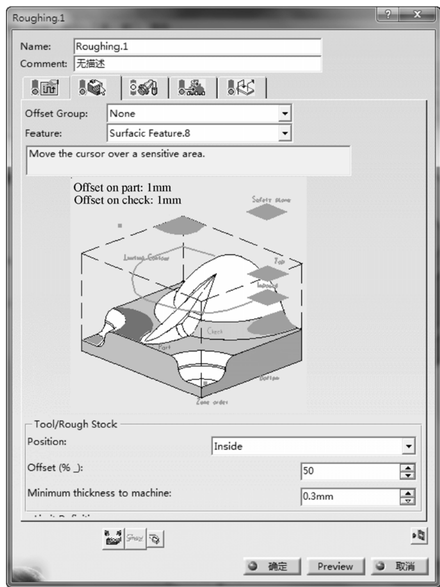


图 2-64　几何参数选项卡（2）

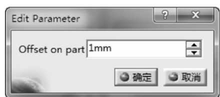


图 2-65　“Edit Parameter”对话框（1）

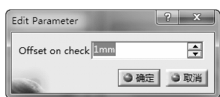


图 2-66　“Edit Parameter”对话框（2）

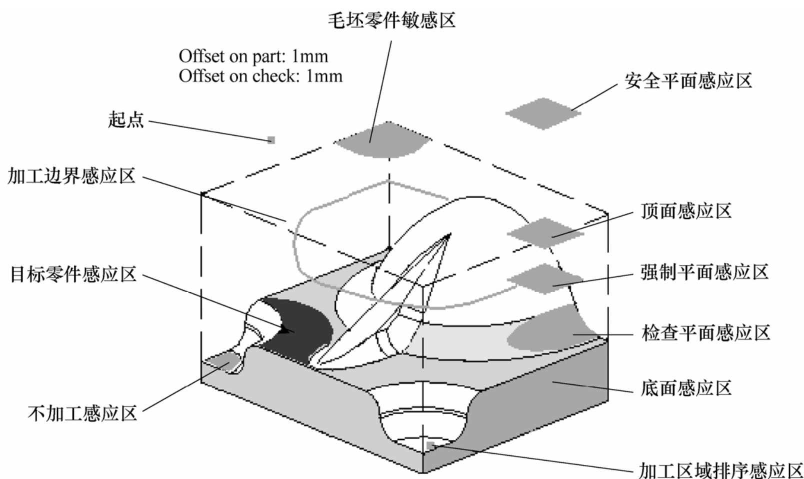


图 2-67　加工敏感区

- “起点”：用于定义的起始加工点。
- “加工边界感应区”：用于定义加工限制边界，此时可指定切削加工的边界。
- “目标零件感应区”：用于定义加工后零件，即定义模型零件。
- “不加工感应区”：用于选择不加工的曲面或区域。
- “毛坯零件感应区”：用于定义加工毛坯。
- “安全平面感应区”：用于设置或重新选择安全平面。
- “顶面感应区”：用于定义加工零件的最高平面。
- “底面感应区”：用于定义加工零件的最低平面。
- “强制平面感应区”：用于定义刀具必须通过的平面。
- “检查平面感应区”：用于定义夹具，从而避免刀具与夹具产生碰撞。
- “加工区域排序感应区”：用于选择零件不同加工区域的加工顺序。

4）刀具/粗加工毛坯（“Tool/Rough Stock”）

- “Position”：用于设置刀具中心停止的位置，包括以下选项：
  - “On”：刀具停留在粗铣生料边界上。
  - “Inside”：刀具停留在粗铣生料内。
  - “Outside”：刀具停留在粗铣生料外。
- “Offset（%）”：用于输入生料偏移的距离，以刀具直径百分比计算。该参数只用于生料内或生料外另种刀具停止位置方式，当零件外侧和生料之间夹缝太小，刀具过不去时可设置该值，使刀具可以切削过去。
- “Minimum thickness to machine”：用于输入允许刀具超过生料设定边界，（切削零件和生料边界之间的狭长地带）的值。

3．***刀具参数选项卡***

单击“Roughing.x”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（1），如图 2-68 所示。

刀具参数选项卡中的内容与 2.2.3 中所述的定义加工参数基本相同。需要注意的是，单击“Name”文本框后的 Select a tool with query 按钮，弹出“Search Tool”对话框，如图 2-69 所示，可以从列表中选择所需的刀具，而后单击“确定”按钮返回。

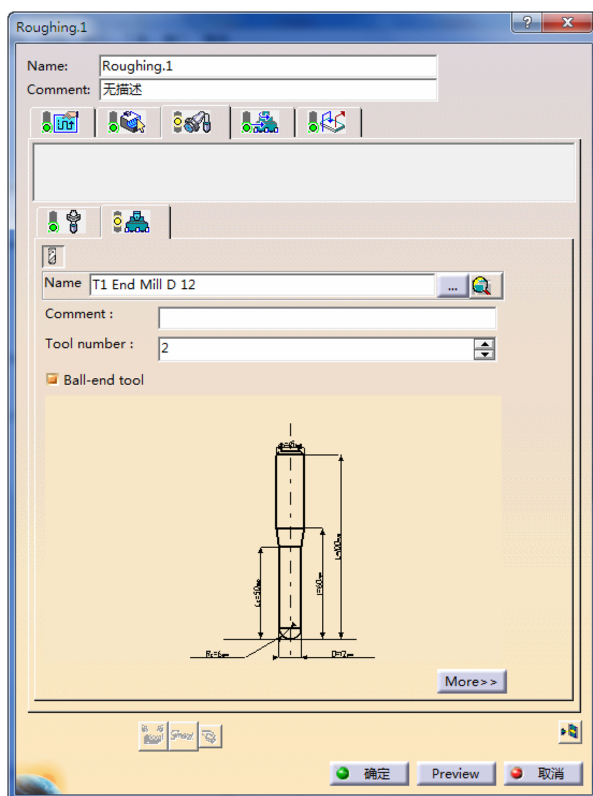


图 2-68　刀具参数选项卡（1）

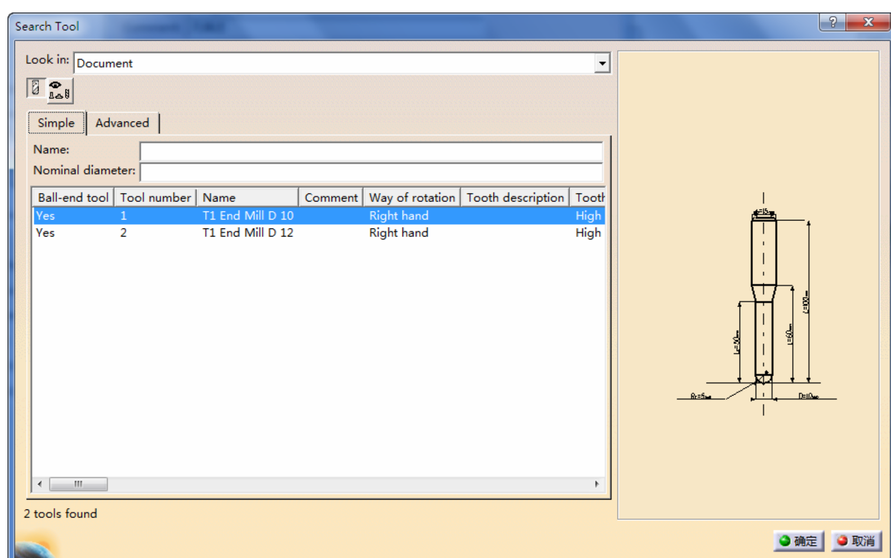


图 2-69　“Search Tool”对话框

4. 进给率参数选项卡

单击“Roughing.x”对话框中的图标，切换到进给率参数选项卡（2），如图 2-70 所示，可设置进给率参数。相同参数的含义参见“2.2.3 中设置的加工参数”。

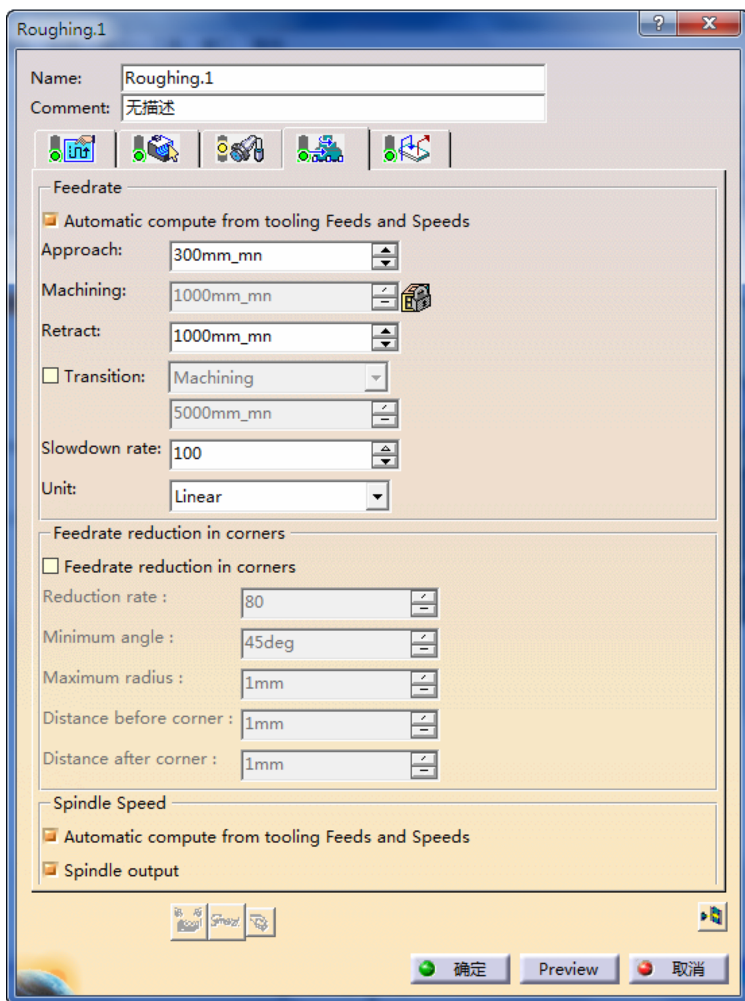


图 2-70 进给率参数选项卡（2）

5. 进刀、退刀参数选项卡

单击“Roughing.x”对话框中的图标按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（2），如图 2-71 所示。相关参数含义参见“2.2.3 中设置的加工参数”。

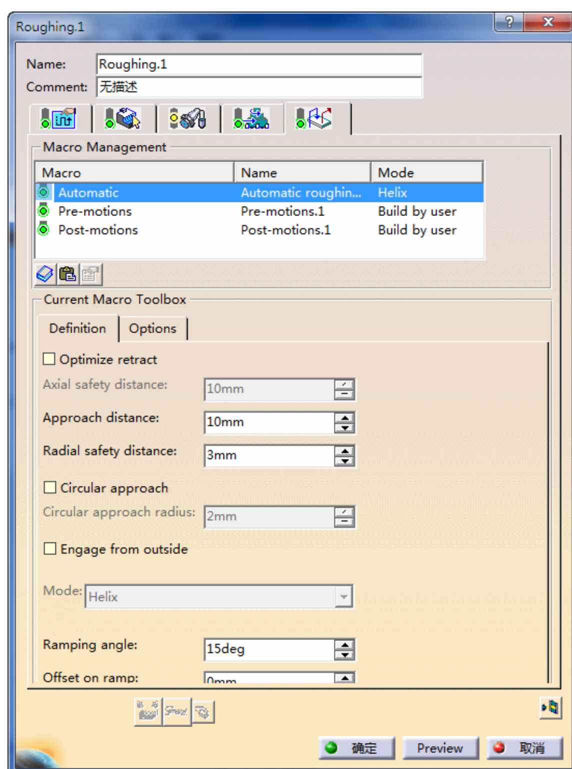


图 2-71　进刀、退刀参数选项卡（2）

2.3.2　投影粗加工（Sweep roughing）

投影粗加工是指以某个平面（一般是加工坐标系中的 *YZ* 平面）作为投影面来生成刀具路径。所有刀具路径都是加工对象的表面轮廓在与该平面平行的平面上的投影，如图 2-72 所示。

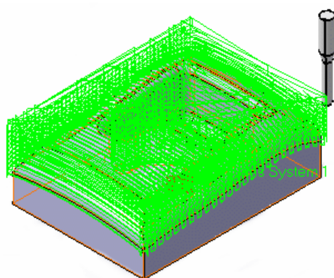


图 2-72　投影粗加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing Operations”→“Sweep roughing”命令，

或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Sweep roughing 按钮，弹出“Sweep roughing.x”对话框，如图 2-73 所示。

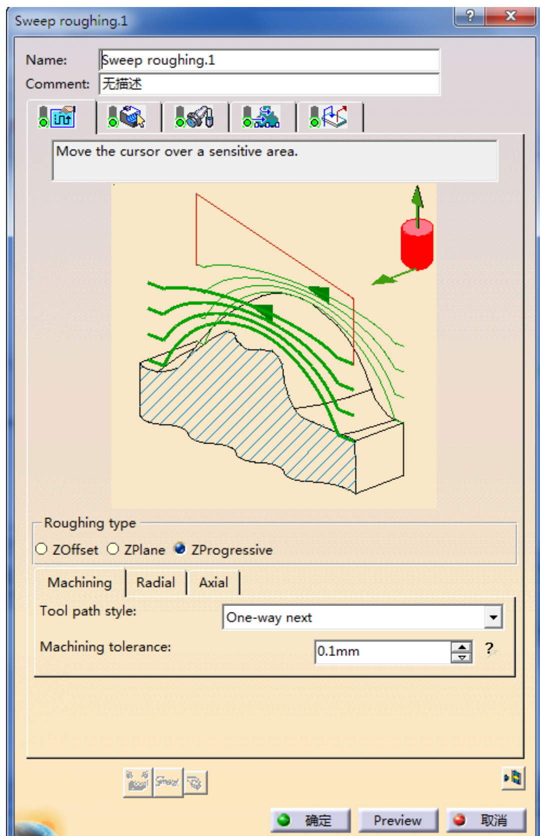


图 2-73 “Sweep rouging.x”对话框

1. ***刀具路径参数选项卡***

单击“Sweep roughing.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Axial”等选项卡，如图 2-73 所示。下面仅介绍前述中没有解释的参数。

“Roughing type”选项如图 2-74 所示。

- “ZOffset”：每层加工刀具路径是从零件的加工表面沿着 *Z* 轴偏置的，如图 2-74 所示。
- “ZPlane”：刀具路径轨迹平面垂直于刀具轴线（*Z* 轴），如图 2-74 所示。
- “ZProgressive”：系统自动计算毛坯上表面与加工零件表面之间的距离，并进行等分得到加工路径，如图 2-74 所示。

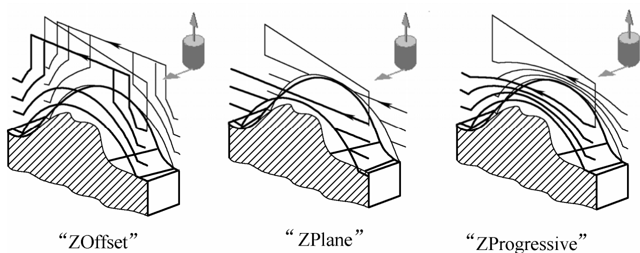


图 2-74　"Roughing type"选项

2. *几何参数选项卡*

单击"Sweep roughing.x"对话框中的，切换到几何参数选项卡（3），如图 2-75 所示。

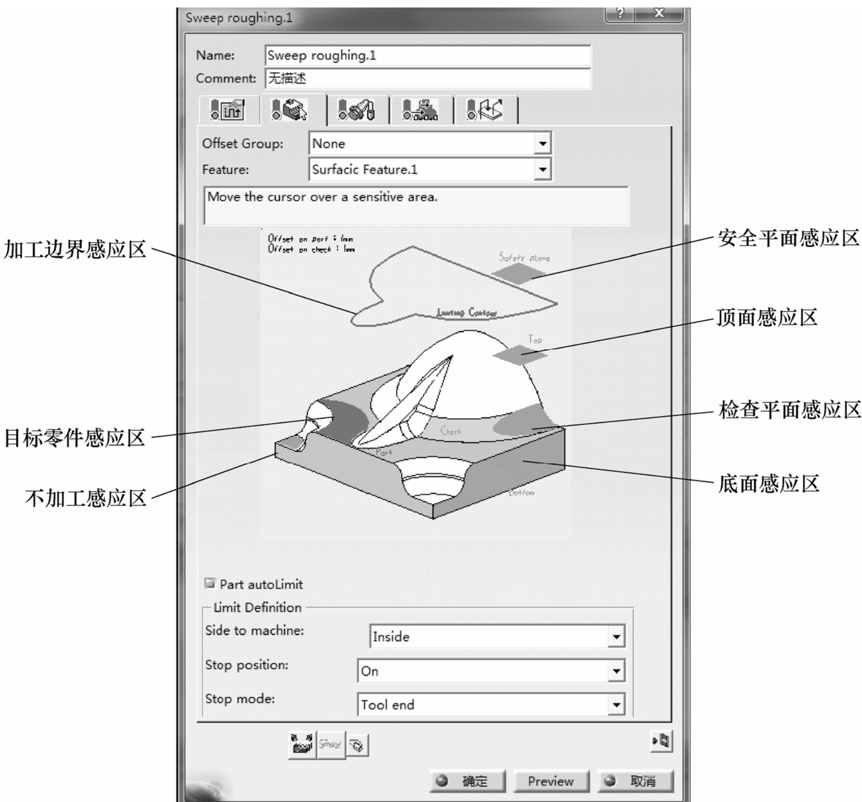


图 2-75　几何参数选项卡（3）

选中"Part autoLimit"复选框，激活"Limit Definition"选项，其参数含义如下：

- "Side to machine"：用于选择加工限制区域，"Inside"表示加工边界内区域，"Outside"表示加工边界外区域，如图 2-76 所示。

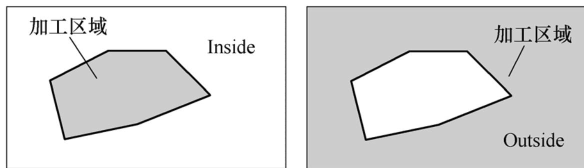


图 2-76 “Side to machine”示意图

● “Stop position”：用于设置刀具的停止位置，其中“Outside”表示刀具停止于限制线外侧，“Inside”表示刀具停止于限制线内侧，“On”表示刀具停止于限制线上，如图 2-77 所示。

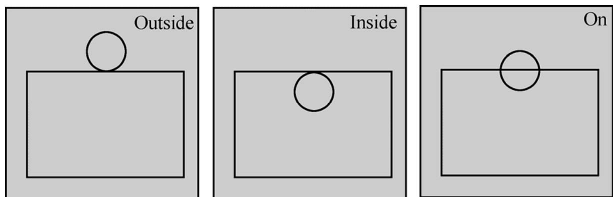


图 2-77 “Stop position”示意图

3. ***进刀、退刀参数选项卡***

单击“Sweeping roughing.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（3），如图 2-78 所示。

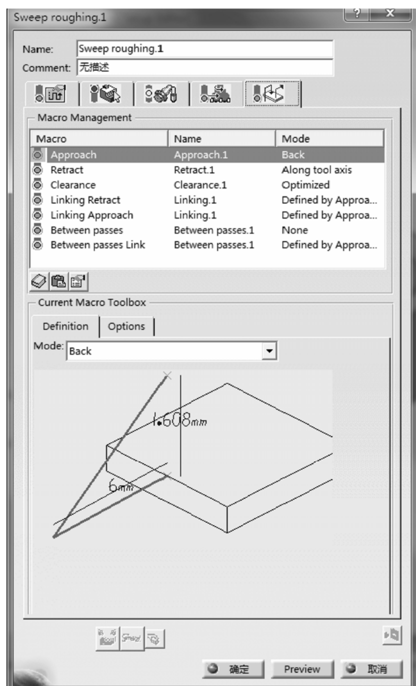


图 2-78 进刀、退刀参数选项卡（3）

2.3.3　等高线精加工（ZLevel）

等高线精加工是以垂直于刀具轴线的平面切削零件加工表面而生成刀具路径，如图 2-79 所示，和等高线粗加工的刀具路径生成方式基本相同。二者的区别是粗加工时会有一定的余量，精加工的余量为 0。

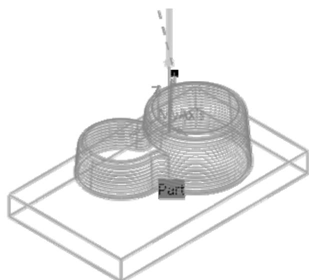


图 2-79　等高线精加工示意图

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“ZLevel”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 ZLevel 按钮，弹出“ZLevel.x”对话框如图 2-80 所示。

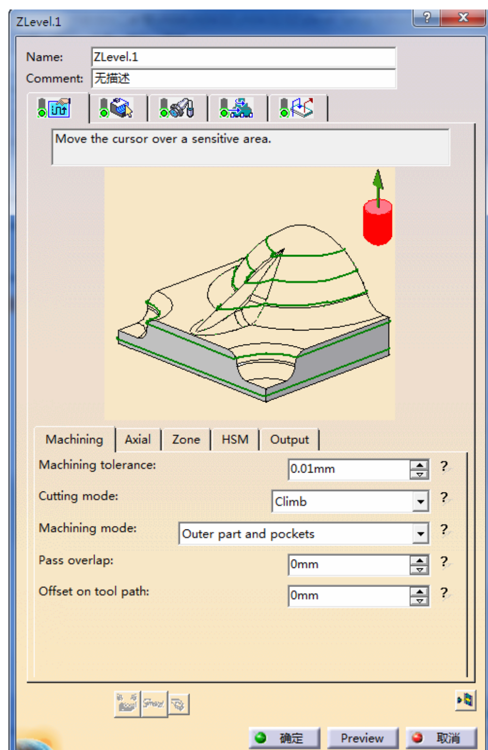


图 2-80　“ZLevel.x”对话框

1．*刀具路径参数选项卡*

单击“ZLevel.x”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Axial”、“Zone”、“HSM”和“Output”选项卡，如图 2-80 所示。下面仅介绍前述没有解释的参数。

1）“Machining”选项卡如图 2-80 所示。该选项相关参数如下：

- “Machining mode”：用于设置加工方式，如图 2-81 所示。
  - “By plane”：采用垂直 *Z* 轴平面方式加工整个零件。
  - “Pockets only”：仅加工零件的腔槽部分。
  - “Outer part”：仅加工零件腔槽外部区域。
  - “Outer part and pockets”：分别加工零件腔槽以及腔槽外的区域。

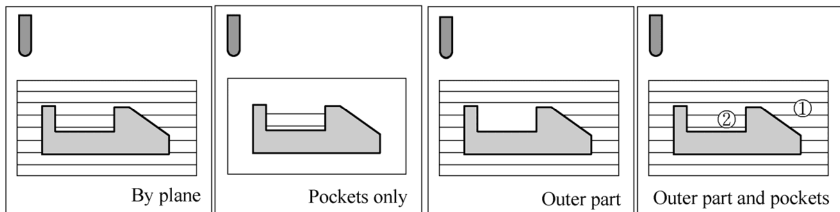


图 2-81 “Machining mode”示意图

- “Pass overlap”：指定切削结束点和起点的重合长度，用于减少甚至消除进刀痕，如图 2-82 所示。

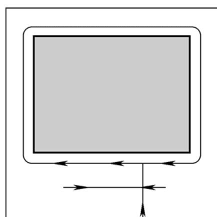


图 2-82 “Pass overlap”示意图

- “Offset on tool path”：用于设置刀具路径对于零件表面的偏移距离，如图 2-83 所示。

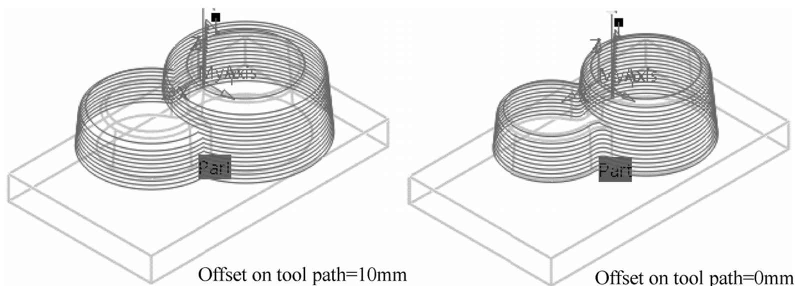


图 2-83 “Offset on tool path”示意图

2）“Axial”选项卡（2）如图 2-84 所示。该选项相关参数如下：

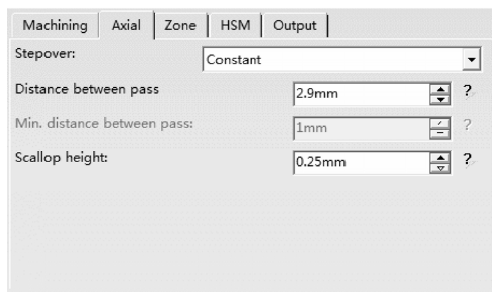


图 2-84　“Axial”选项卡（2）

“Axial”选项卡（2）中“Stepover”选项下包括 3 种设置刀具径向进给量的方式：

● “Constant”：指定相邻两刀切削路径之间的横向距离为常量。选择该方式时，可设置“Distance between pass”（相邻两刀切削路径之间的横向距离）和“Scallop height”(相邻两刀切削路径刀痕间的残余料高度)两个选项，如图 2-85 所示。

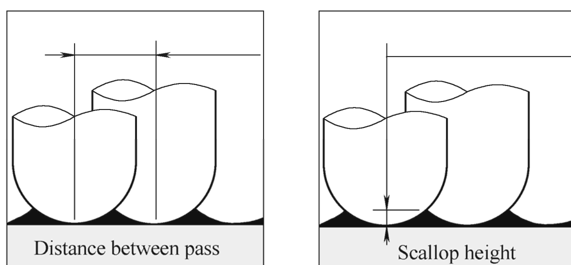


图 2-85　“Distance between pass”和“Scallop height”示意图

● “Via scallop height”：指定相邻两刀切削路径刀痕间的残余料高度值，以便系统自动计算横向距离值。系统应保证残余材料高度不超过指定的值，如图 2-86 所示。

● “Distance on contour”：选择该方式，单击“Stepover Line”敏感区选择一条轮廓线，通过定义该轮廓线上的点来设置行距，如图 2-87 所示。

3）“Zone”选项卡（2）如图 2-88 所示。该选项相关参数如下：

● “Max.horizontal slope”：用于设置部件上平面的角度，如图 2-89 所示。超过该角度的平面被认为是陡峭面，“ZLevel”只加工陡峭面。

● “Remove portions of pass in undercut”：选中该复选框，底切区域的刀具路径轨迹将移除，如图 2-90 所示。

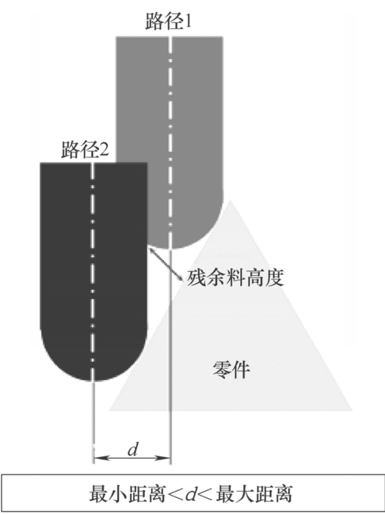


图 2-86 “Via scallop height”示意图（1）

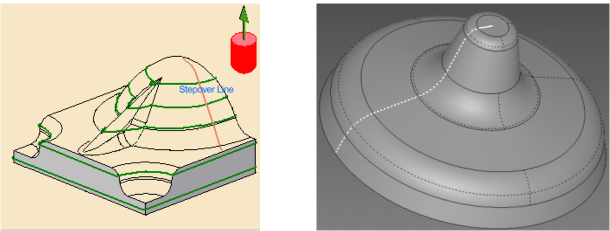


图 2-87 “Distance on contour”示意图

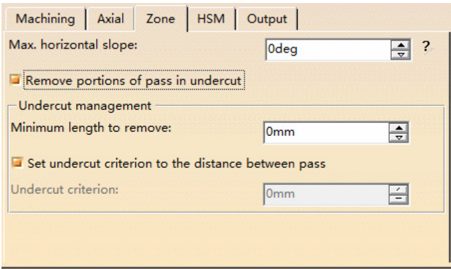


图 2-88 “Zone”选项卡（2）

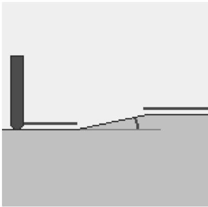


图 2-89 “Max.horizontal slope”示意图

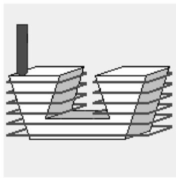


图 2-90 “Remove portions of pass in undercut”示意图

4）“Output”选项卡如图 2-91 所示。选中“Cicular Interpolation”复选框，在后处理程序中可输入圆弧插补指令。

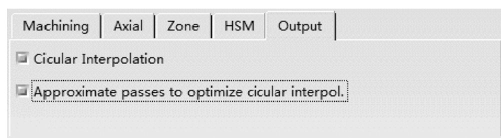


图 2-91　“Output”选项卡

2. *几何参数选项卡*

单击“ZLevel.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（4），如图 2-92 所示。

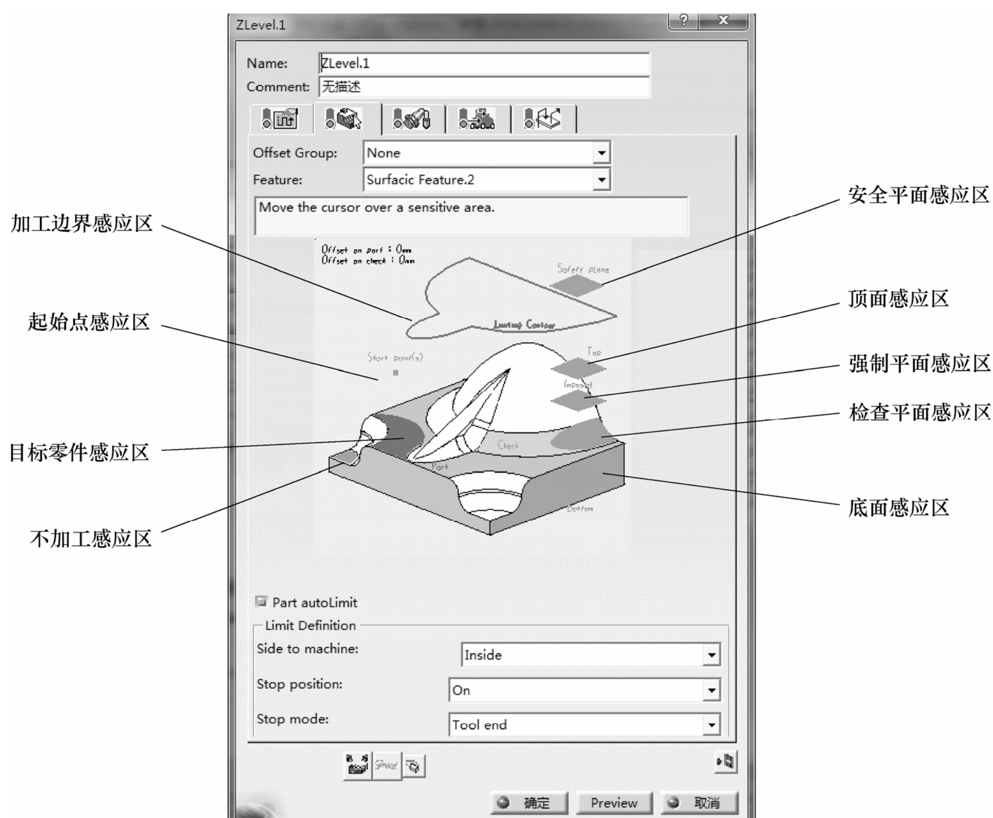


图 2-92　几何参数选项卡（4）

3. *进刀、退刀参数选项卡*

单击“Zlevel.x”对话框中的图标按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（4），如图 2-93 所示。

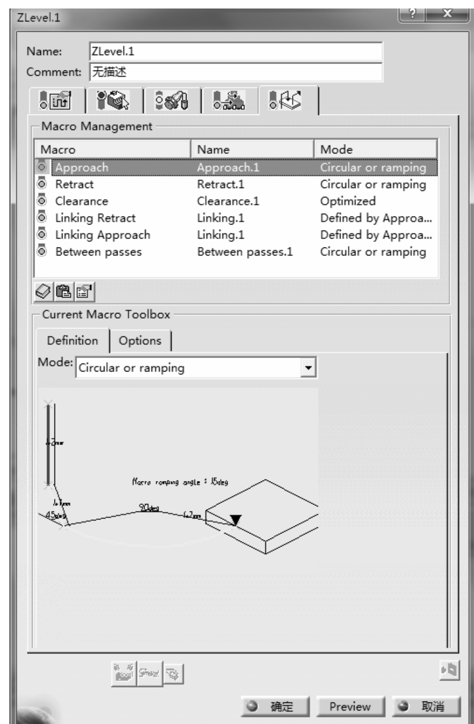


图 2-93　进刀、退刀参数选项卡（4）

2.3.4　投影精加工（Sweeping）

投影精加工是以一系列与刀具轴线（*Z* 轴）平行的平面和零件的加工表面相交得到的刀具路径，如图 2-94 所示。投影精加工与投影粗加工的刀具路径生成方式是一样的，只是加工余量不同而已。

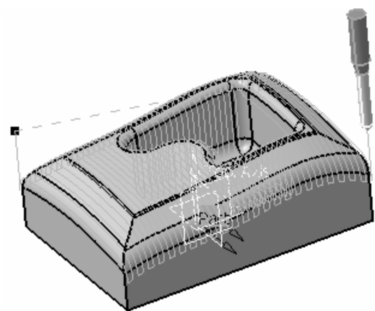


图 2-94　投影精加工示意图

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Sweeping operations”→“Sweeping”命令，或者

单击“Machining Operations”工具栏上的 Sweeping 按钮，弹出“Sweeping.x”对话框，如图 2-95 所示。

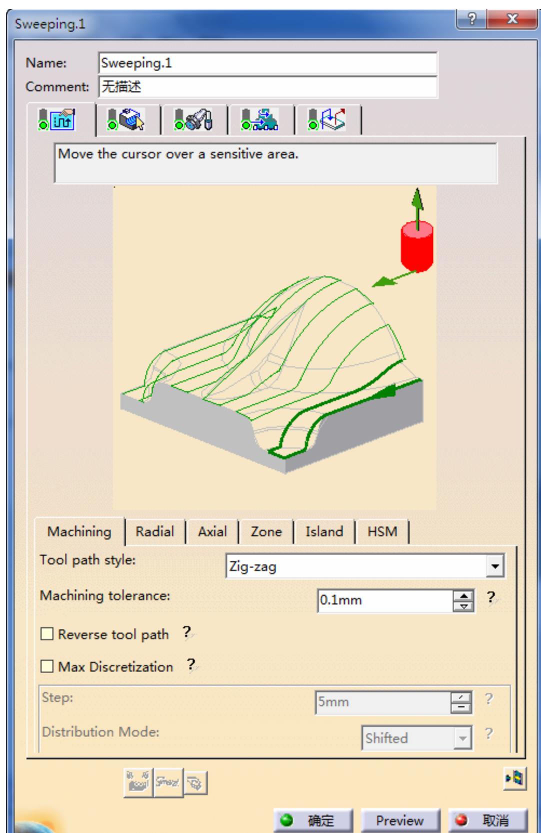


图 2-95　“Sweeping.x”对话框

1. ***刀具路径参数选项卡***

单击“Sweeping.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Zone”、“Island”、“HSM”等选项卡，如图 2-95 所示。下面仅介绍前述没有解释的参数。

1）“Axial”选项卡（3）如图 2-96 所示。“Multi-pass”选项用于设置多层切削。相关参数如下：

- “Maximum cut depth and total depth”：通过输入最大切削深度“Maximum cut depth”和整个切削深度“Total depth”来确定多层切削，如图 2-97 所示。
- “Number of levels and total depth”：通过输入切削层数“Number of levels”和整个切削深度来确定多层切削，如图 2-98 所示。

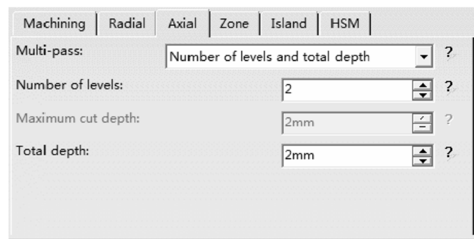


图 2-96 “Axial”选项卡（3）

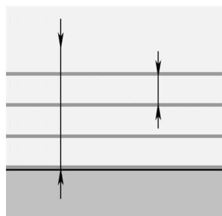


图 2-97 “Maximum cut depth and total depth”

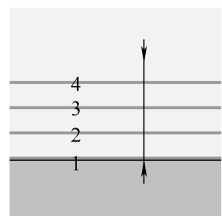


图 2-98 “Number of levels and total depth”

● “Number of levels and Maximum cut depth”：通过输入切削层数“Number of levels”和最大切削深度“Maximum cut depth”来确定多层切削，如图 2-99 所示。

2）“Zone”选项卡（3）如图 2-100 所示，用于选择加工的区域。相关参数如下：

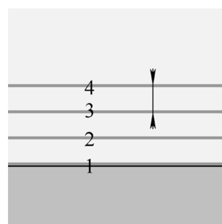


图 2-99 “Number of levels and Maximum cut depth”

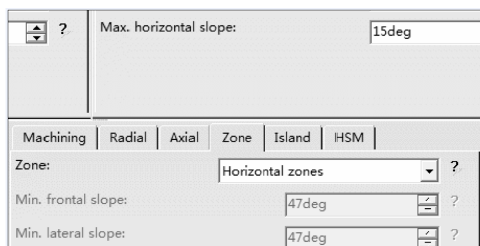


图 2-100 “Zone”选项卡（3）

● “All”：所有零件表面都将被加工。

● “Frontal walls”：零件的正面壁表面部分加工，可输入“Min.frontal slope”角度值。当零件表面与刀轴之间的夹角小于“Min.frontal slope”角度时，称为零件的正面壁，如图 2-101 所示。

● “Lateral walls”：零件部分外侧壁表面加工，可输入“Min. lateral slope”角度值。当零件表面与刀轴之间的夹角小于“Min. lateral slope”角度时，称为零件的侧壁，如图 2-102 所示。

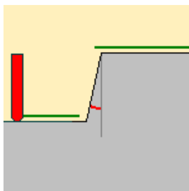


图 2-101　“Frontal walls”示意图

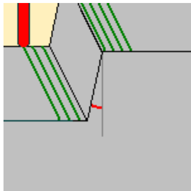


图 2-102　“Lateral walls”示意图

● “Horizontal zones”：零件水平表面加工，可输入“Max. horizontal slope”角度值。当零件表面与刀轴之间的夹角小于“Max. horizontal slope”角度时，称为零件的水平表面，如图 2-103 所示。

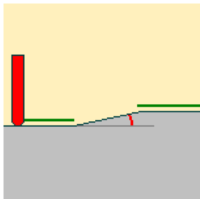


图 2-103　“Horizontal zones”示意图

2. ***几何参数选项卡***

单击“Sweeping.x”对话框中的 ，切换到几何参数选项卡（5），如图 2-104 所示。

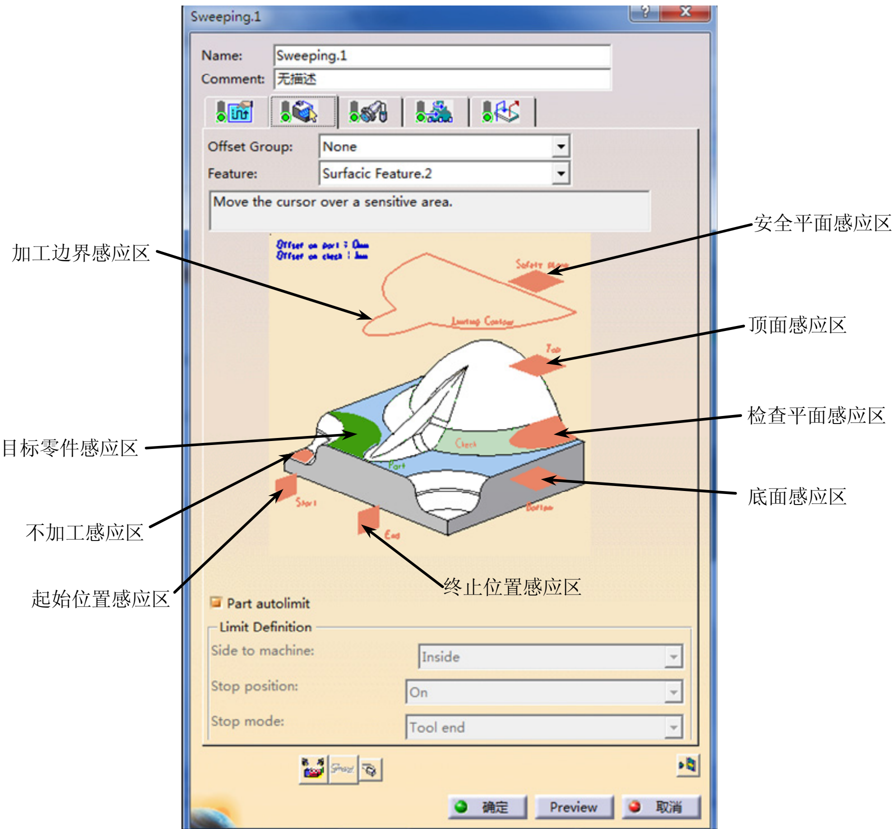


图 2-104　几何参数选项卡（5）

3. *进刀、退刀参数选项卡*

单击“Sweeping.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（5），如图 2-105 所示。

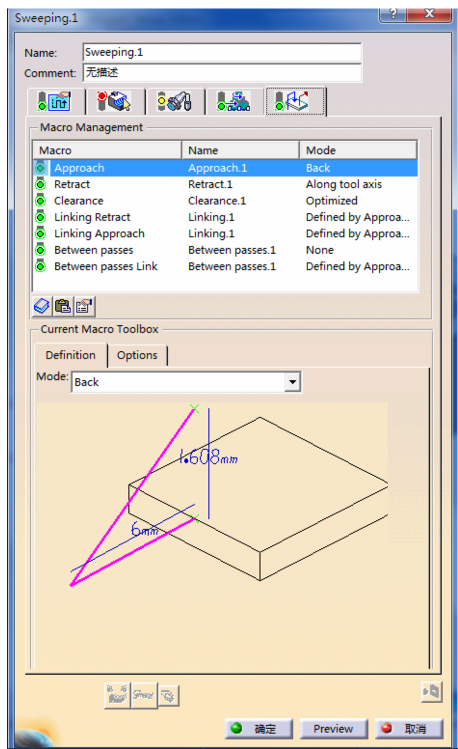


图 2-105　进刀、退刀参数选项卡（5）

2.3.5　轮廓驱动精加工（Contour-driven）

轮廓驱动精加工是以选择加工区域的轮廓线作为加工引导线来驱动刀具的运动，用于零件精加工，如图 2-106 所示。

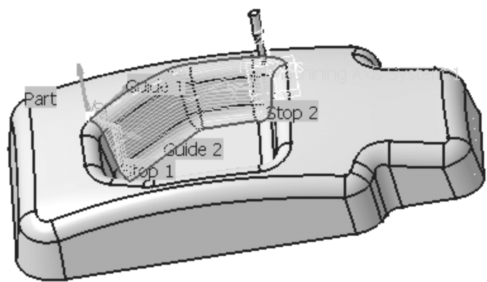


图 2-106　轮廓驱动精加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Contour-driven”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Contour-driven 按钮，弹出“Contour-driven.x”对话框，如图 2-107 所示。

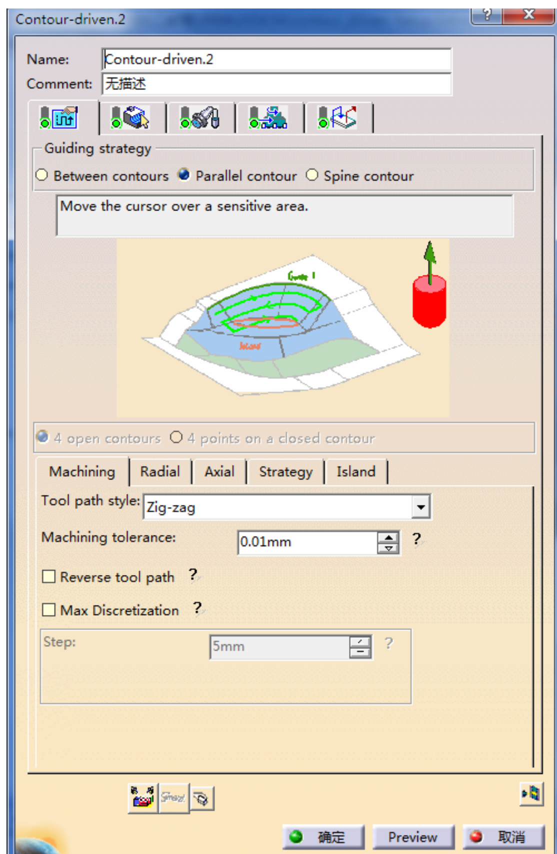


图 2-107　“Contour-driven.x”对话框

1. 刀具路径参数选项卡

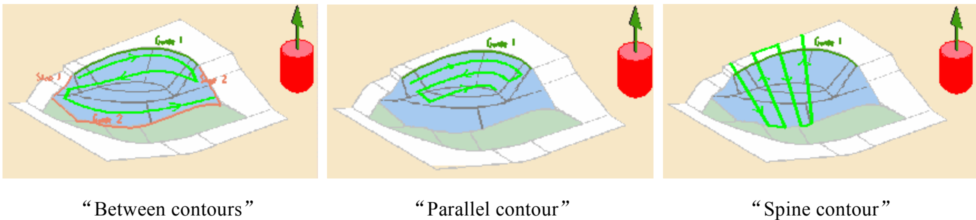
单击“Contour-driven.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Strategy”、“Island”选项卡，如图 2-107 所示。下面仅介绍前述没有解释的参数。

“Guiding strategy”选项包括 3 个轮廓驱动加工的轮廓类型，如图 2-108 所示。不同驱动类型的刀具路径参数不同：

- “Between contours”：双引导线驱动。选择两条曲线作为引导线，系统通过两条曲线进行插值计算得到刀具路径，用于选择两条边界曲线。

● “Parallel contour”：平行曲线驱动。选择一条曲线作为引导线，加工区域上的刀路平行于所指定的引导线。

● “Spine contour”：脊线驱动。选择一条或一组曲线作为引导线，加工区域上的刀具路径都垂直于所指定的引导线。



“Between contours”　　“Parallel contour”　　“Spine contour”

图 2-108　“Guiding strategy”示意图

当选中“Between contours”单选按钮时，将激活“4 open contours”和“4 points on a closed contour”选项：

● “4 open contours”：选中该选项，可以通过 4 条曲线来定义加工区域，包括两条引导线和两条边界线。

● “4 points on a closed contour”：选中该选项，用于选择一条封闭的轮廓线来定义加工区域，并在轮廓线上选择 4 个点，分割封闭轮廓线，得到两条引导线和两条边界线。

1）“Radial”选项卡（2）如图 2-109 所示。该选项相关参数如下：

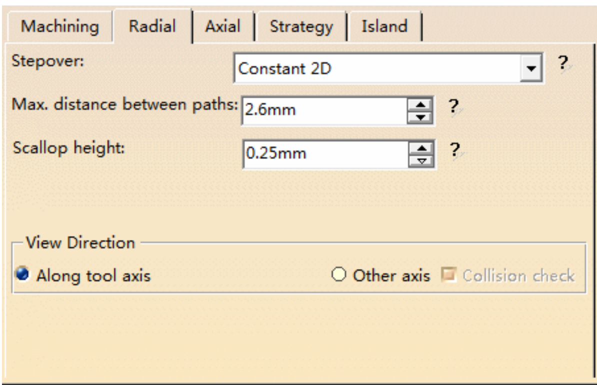


图 2-109　“Radial”选项卡（2）

“Stepover”选项用于定义刀具运动径向参数，包括以下选项：

● “Constant 2D”：所有刀具路径在垂直投影方向的平面上是平行且等距的，然后投影到加工区域上，形成刀具路径，如图 2-110 所示。

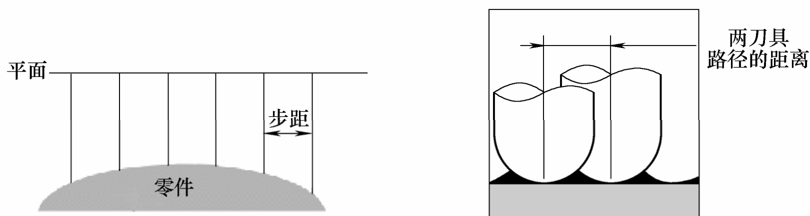


图 2-110 “Constant 2D”示意图

- “Via scallop height”：通过定义残余高度来确定刀具的径向步距，如图 2-111 所示。
- “Constant 3D”：选择该选项后直接定义刀具在加工区域的步距，可在“Distance between paths”文本框中输入步距，如图 2-112 所示。

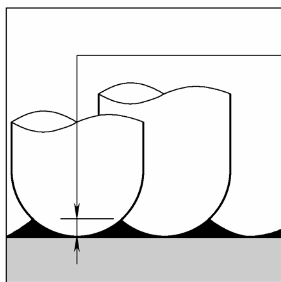


图 2-111 “Via scallop height”示意图（2）

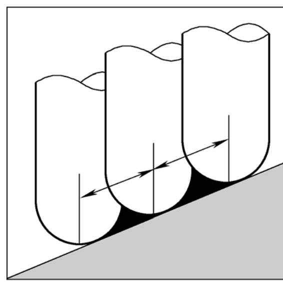


图 2-112 “Constant 3D”示意图

2）“Strategy”选项卡如图 2-113 所示。该选项相关参数如下：

- “Pencil rework”：清根加工，用于确定是否在轮廓驱动加工后自动对残料区域进行清根，包括“Without”和“With”两个选项。

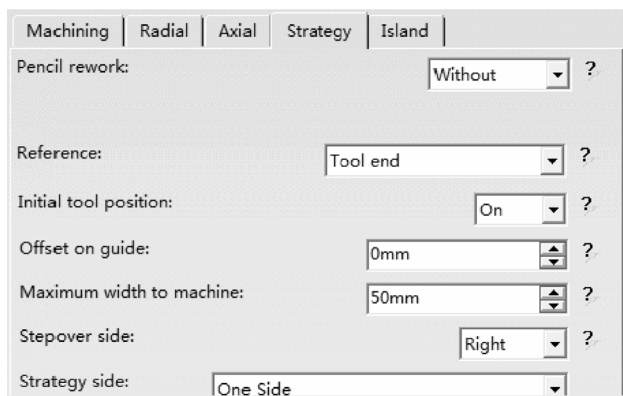


图 2-113 “Strategy”选项卡

● “Reference”：适用于“Between contours”和“Parallel contour”，用于利用刀具顶点（“Tool end”）或接触点（“Contact point”）作为行距的计算标准，如图 2-114 所示。

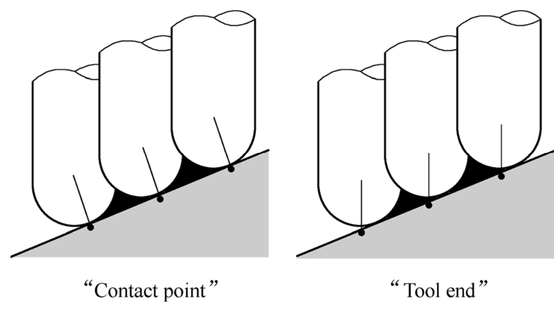


图 2-114 “Reference”示意图

● “Initial tool position”：用于设定刀具起始与引导轮廓的相对位置，包括“To”、“On”和“Past”3 个选项，如图 2-115 所示。

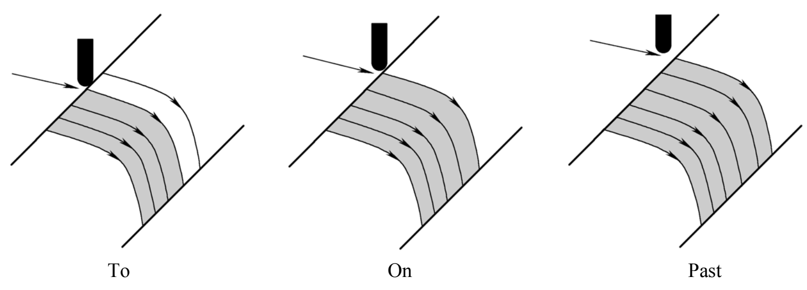


图 2-115 “Initial tool position”示意图

● “Offset on guide”：设置加工操作开始时刀具偏离引导线的距离。

● “Maximum width to machine”：设置从引导线开始的加工区域宽度，如图 2-116 所示。

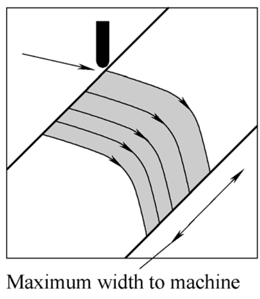


图 2-116 “Maximum width to machine”示意图

● “Stepover side”：用于选择步进加工在引导线轮廓的哪一侧，包括“left”和“right”两个选项。

● “Strategy side”：用于“Parallel contour”模式，包括以下选项：

➢ “One Side”：仅加工引导线的一侧，加工的一侧由“Stepover side”参数指定。

➢ “Both sides with opposite direction”：首先加工“Stepover side”指定的一侧，然后再反向加工另外一侧。

➢ “Both sides with same direction”：首先加工“Stepover side”指定的一侧，然后再按相同方向加工另外一侧。

2. 几何参数选项卡

单击“Contour-driven.x”对话框中的，切换到几何参数选项卡（6），如图 2-117 所示。

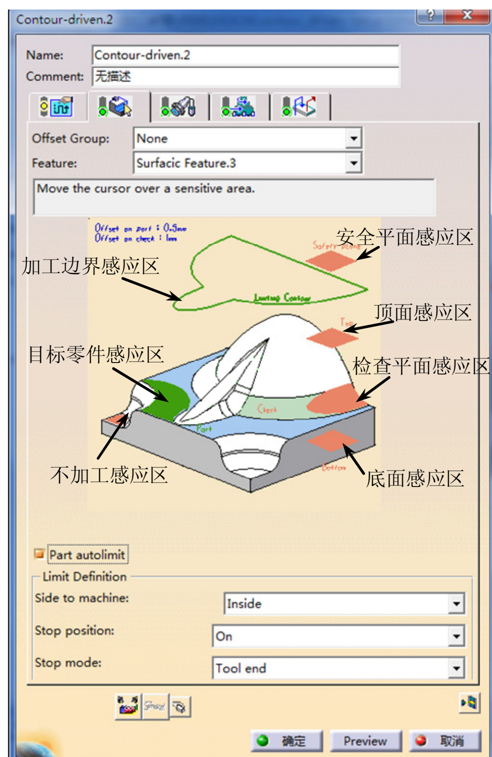


图 2-117　几何参数选项卡（6）

3. 进刀、退刀参数选项卡

单击“Contour-driven.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（6），如图 2-118 所示。

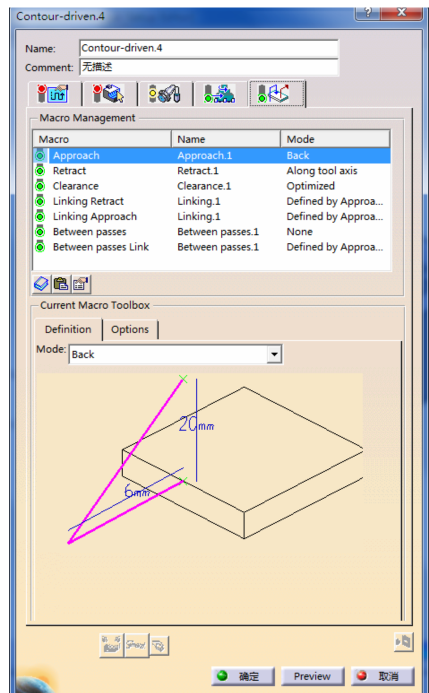


图 2-118　进刀、退刀参数选项卡（6）

2.3.6　沿面精加工（Isoparametric Machining）

沿面精加工就是由加工曲面等参数线 *U*、*V* 来确定切削路径，需要选取加工曲面和 4 个端点作为几何参数，所选择的曲面必须是相邻且共边的，如图 2-119 所示。

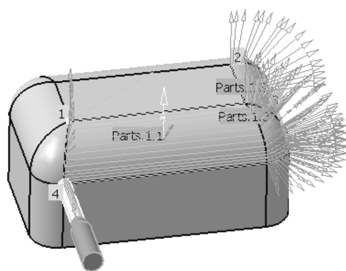


图 2-119　沿面精加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.x”对话框，如图 2-120 所示。

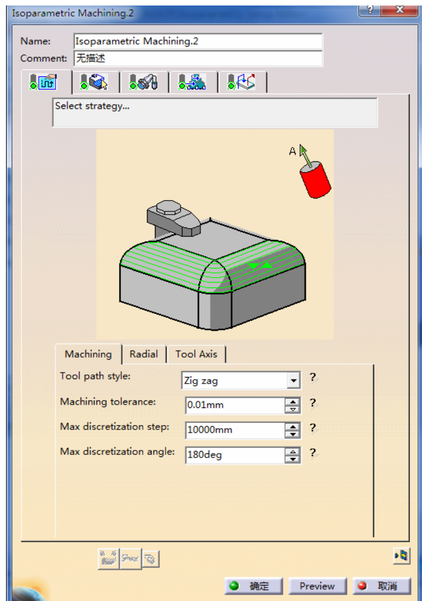


图 2-120　“Isoparametric Machining.x”对话框

1. 几何参数选项卡

单击“Isoparametric Machining.x”对话框中的，切换到几何参数选项卡（7），如图 2-121 所示。

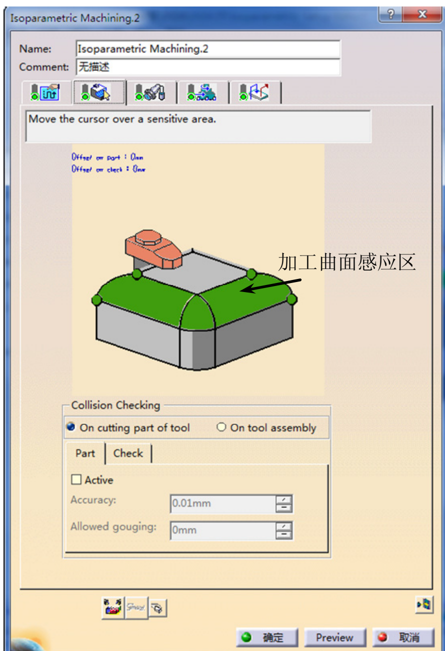


图 2-121　几何参数选项卡（7）

在定义加工区域时，要选择 4 个点，其中加工曲面的边线 12 表示刀具路径的切削方向，边线 13 表示刀具的步进方向。

2. ***进刀、退刀参数选项卡***

单击“Isoparametric Machining.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（7），如图 2-122 所示。

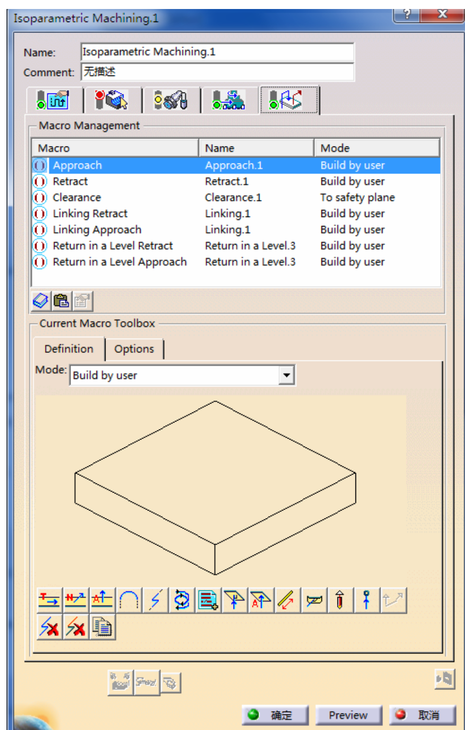


图 2-122　进刀、退刀参数选项卡（7）

2.3.7　螺旋精加工（Spiral Milling）

螺旋精加工就是在选定的加工区域中，对指定角度以下的平坦区域进行精加工，如图 2-123 所示。

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Spiral Milling”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Spiral Milling 按钮，弹出“Spiral Milling.x”对话框，如图 2-124 所示。

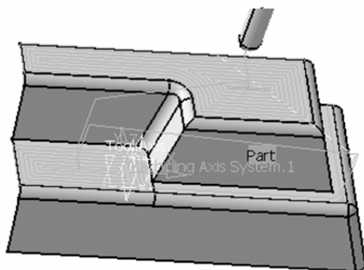


图 2-123　螺旋精加工

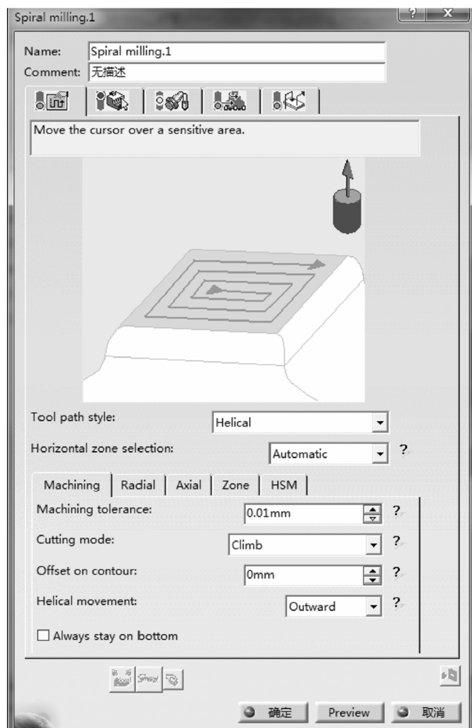


图 2-124　“Spiral Milling.x”对话框

1．*刀具路径参数选项卡*

单击“Spiral Milling.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Zone”、“HSM”等选项卡，如图 2-124 所示。下面仅介绍前述没有解释的参数。

- “Helical movement”：如图 2-125 所示，用于选择螺旋运动方向，包括以下选项：
  - “Outward”：刀具路径从选择区域中心开始向外，如图 2-125 所示。
  - “Inward”：刀具路径从选择区域边缘开始向内，如图 2-125 所示。

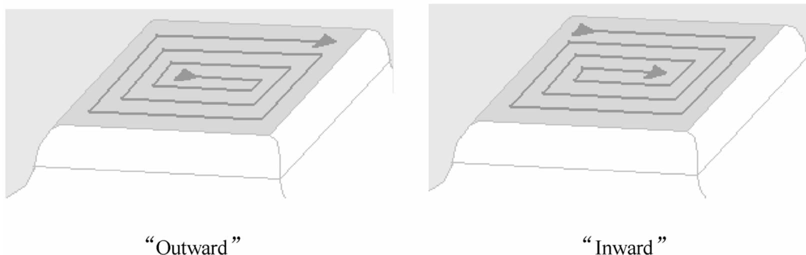
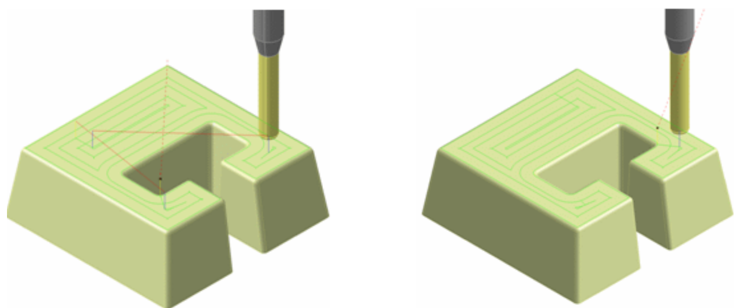


图 2-125　“Helical movement”示意图

● “Always stay on bottom”：选中该复选框，在多区域铣削加工中，当刀具从一个区域运动到另外一个区域时，刀具与区域底部接触，如图 2-126 所示。



取消“Always stay on bottom”复选框　　　　选中“Always stay on bottom”复选框

图 2-126 “Always stay on bottom”示意图（2）

2. 几何参数选项卡

单击“Spiral Milling.x”对话框中的，切换到几何参数选项卡（8），如图 2-127 所示。

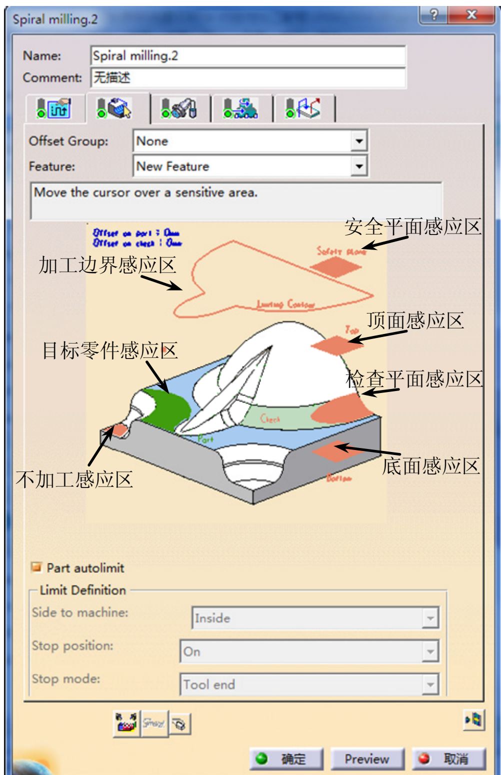


图 2-127 几何参数选项卡（8）

3. 进刀、退刀参数选项卡

单击“Spiral Milling.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（8），如图 2-128 所示。

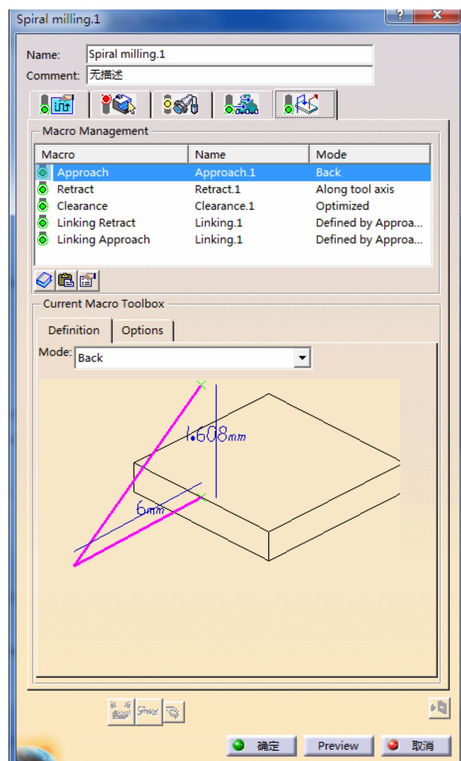


图 2-128　进刀、退刀参数选项卡（8）

2.3.8　先进精加工（Advanced Finishing）

先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工，如图 2-129 所示。

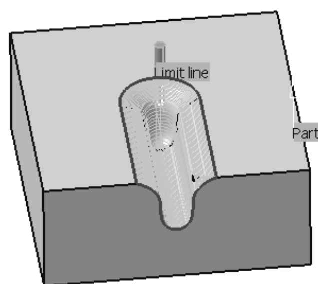


图 2-129　先进精加工示意图

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Advanced Finishing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Advanced Finishing 按钮，弹出“Advanced Finishing.x”对话框，如图 2-130 所示。

1. ***刀具路径参数选项卡***

单击“Advanced Finishing.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Zone”等选项卡，如图 2-130 所示。下面仅介绍“Zone”选项卡上的参数。

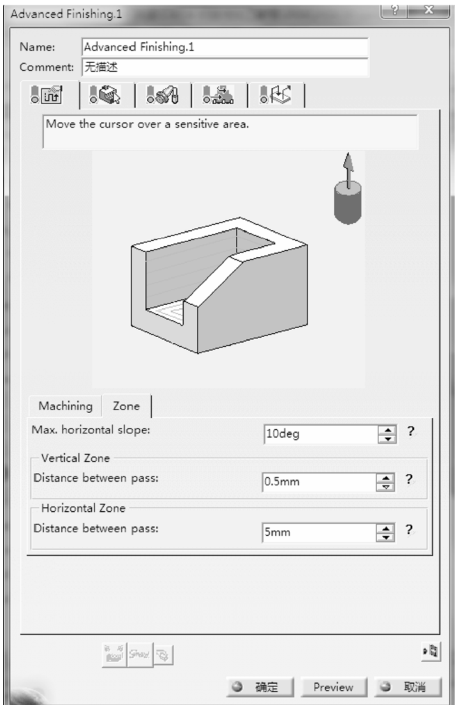


图 2-130 “Advanced Finishing.x”对话框

● “Max. horizontal slope”：用于指定水平区域范围。角度小于“Max. horizontal slope”值的区域被认为是水平区域，如图 2-131 所示。

● “Distance between pass”：在“Vertical Zone”和“Horizontal Zone”分别设置水平和垂直区域的步距，如图 2-132 所示。

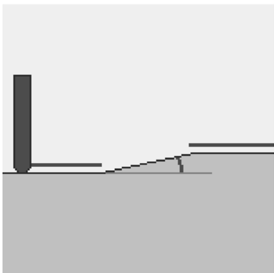


图 2-131 “Max. horizontal slope”示意图

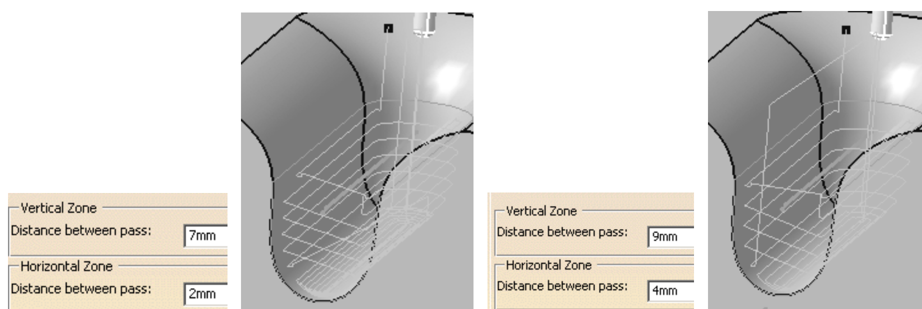


图 2-132　“Distance between pass”示意图

2. 几何参数选项卡

单击“Advanced Finishing.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（9），如图 2-133 所示。

3. 进刀、退刀参数选项卡

单击“Advanced Finishing.x”对话框中的图标按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（9），如图 2-134 所示。

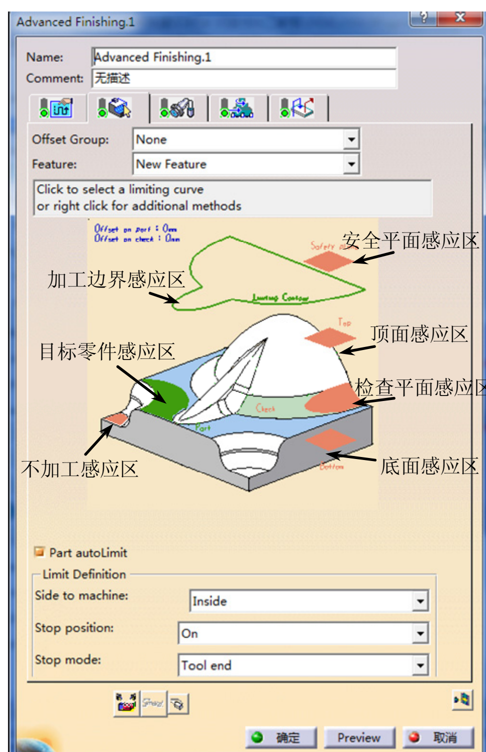


图 2-133　几何参数选项卡（9）

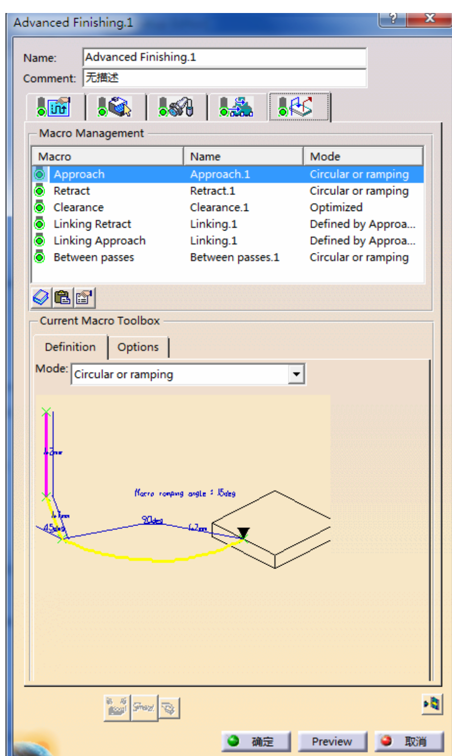


图 2-134　进刀、退刀参数选项卡（9）

2.3.9　清根加工（Pencil）

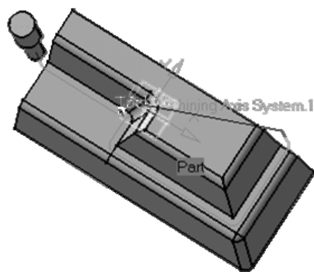


图 2-135　清根加工

清根加工是以两个面之间的交线作为运动路径来切削上一个加工操作留在两个面之间的残料，如图 2-135 所示。

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Pencil”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Pencil 按钮，弹出“Pencil.x”对话框，如图 2-136 所示。

1. ***刀具路径参数选项卡***

单击“Pencil.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Axial”等选项卡，如图 2-136 所示。下面仅介绍“Machining”选项卡上的参数。

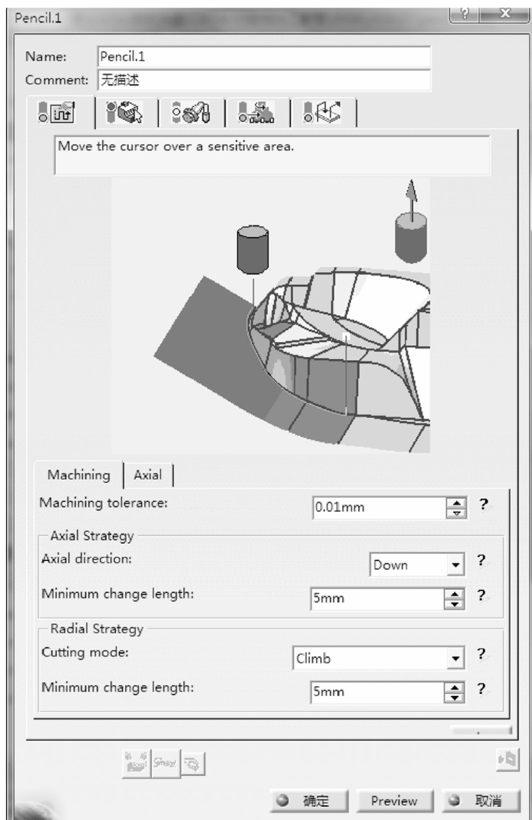


图 2-136　“Pencil.x”对话框

● “Axial direction”：用于设置沿着刀轴方向的刀具运动方式，有“Up”和“Down”两个选项，如图 2-137 所示。

● “Minimum change length”：用于设置刀具变换轴向方向（“Axial direction”）或切削模式（“Cutting mode”）时刀具路径的最小距离。如果刀具路径的位移距离小于该值，则刀具路径不改变，继续沿着相同方向或模式运行，如图 2-138 所示。

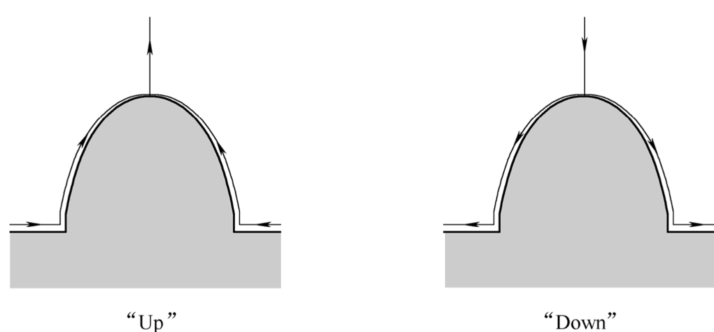


图 2-137　“Axial direction”示意图

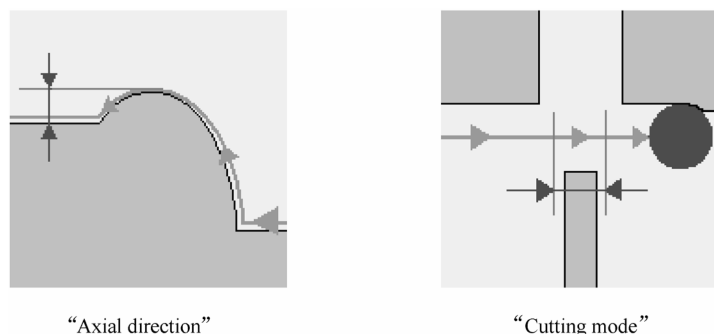


图 2-138　“Minimum change length”示意图

2. ***几何参数选项卡***

单击“Pencil.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（10），如图 2-139 所示。

3. ***进刀、退刀参数选项卡***

单击“Pencil.x”对话框中的图标按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（10），如图 2-140 所示。

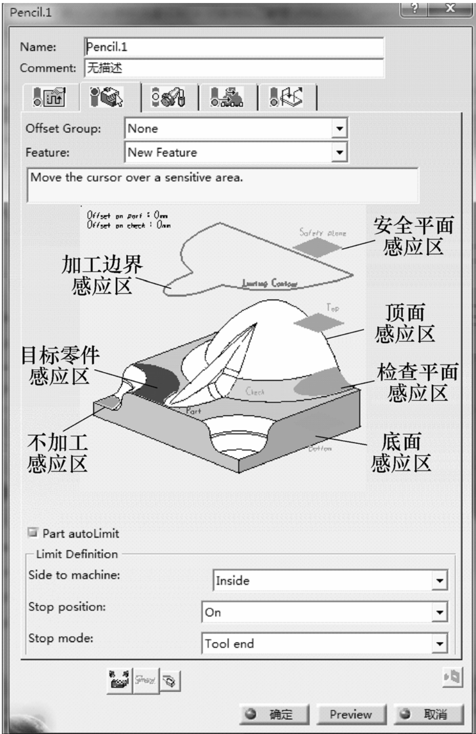


图 2-139　几何参数选项卡（10）

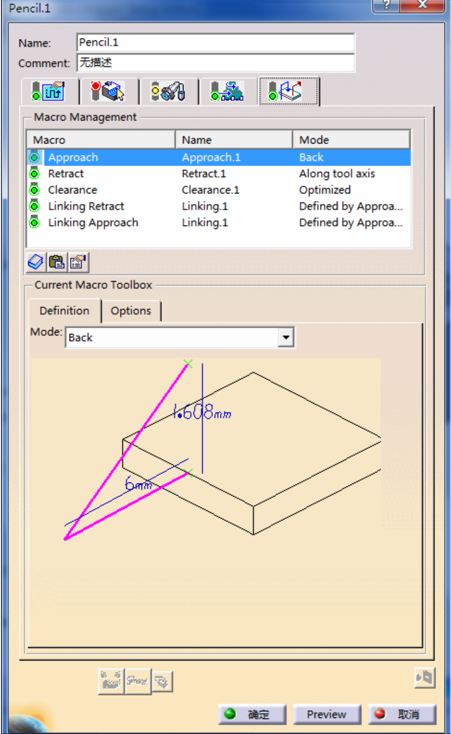


图 2-140　进刀、退刀参数选项卡（10）

2.4　CATIA V5 R20 多轴铣削加工技术（Multi-Axis Surface Machining）

CATIA V5 R20 提供了丰富的多轴铣削加工技术，包括多轴投影加工、多轴沿面加工、多轴轮廓驱动加工、多轴管道加工、多轴螺旋加工和多轴曲线加工等。多轴铣削加工中的多数方法与三轴加工方法相同，但刀轴不再是恒定的铅直方向，而是可以调整的。本节仅介绍刀轴方向控制和多轴曲线加工。

2.4.1　刀轴方向控制

CATIA V5 R20 提供了多轴加工的刀轴控制方式。刀轴方向控制在刀具路径参数选项卡中的“Tool Axis”选项的“Tool axis mode”下拉列表中选定。

1. **固定刀轴**（“Fixed axis”）

固定刀轴是指刀轴方向保持恒定。选择该方式后，单击“Tool Axis”，弹出

"Tool Axis"对话框，用于固定刀轴方向设置，如图 2-141 所示。

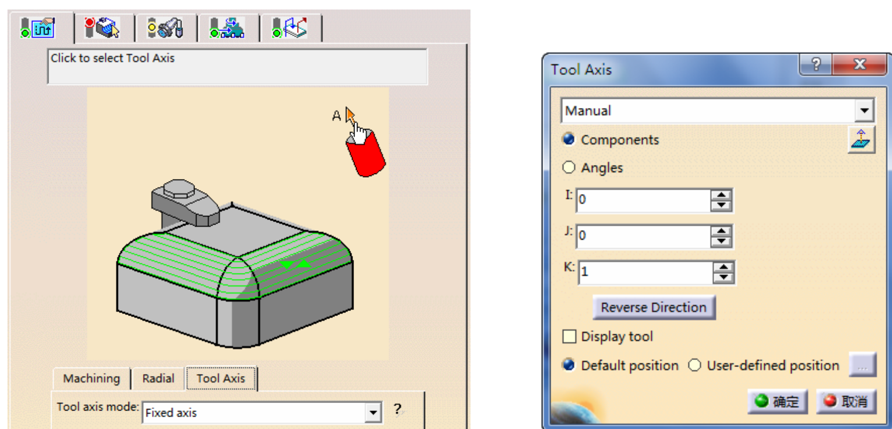


图 2-141　固定刀轴方向设置

2. *前倾和侧倾*（"Lead and tilt"）

刀轴相对于切削方向成一定夹角，包括前倾（"lead"）和侧倾（"tilt"），如图 2-142 所示。

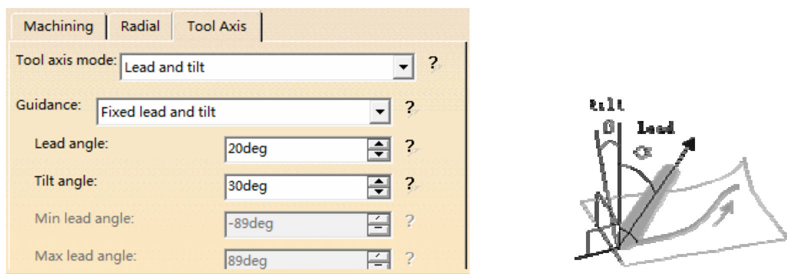


图 2-142　前倾和侧倾（"Lead and tilt"）

● "Lead"（前倾）：用于定义刀具沿刀具运动方向前倾或后倾的角度。正的前倾角表示刀具相对于刀具运动方向向前倾斜，负的前倾角表示刀具相对于刀具运动方向向后倾斜。由于前倾角基于刀具的运动方向，因此往复切削模式将使刀具在单向刀具路径中向一侧倾斜，而在回转刀具路径中向相反的另一侧倾斜。前倾的目的是用来避免使用球头刀具加工平面区域时，刀具切削点落在球刀中心尖点上，通常将前倾角设置为 15°。

● "Tilt"（侧倾）：用于定义刀具相对于刀具路径往外倾斜的角度。正值将使刀具向右倾斜（沿刀具路径方向），负值将使刀具向左倾斜（沿刀具路径方向）。与前倾不同，侧倾与刀具的运动方向无关。侧倾的目的是用来避免在切削陡峭部件时刀柄与零件发生碰撞。

3. **插补**（“Interpolation”）

插补通过在指定点定义矢量方向来控制刀轴。任意点处的刀轴都将被读者指定的矢量插补。指定的矢量越多，越容易对刀轴进行控制，如图 2-143 所示。

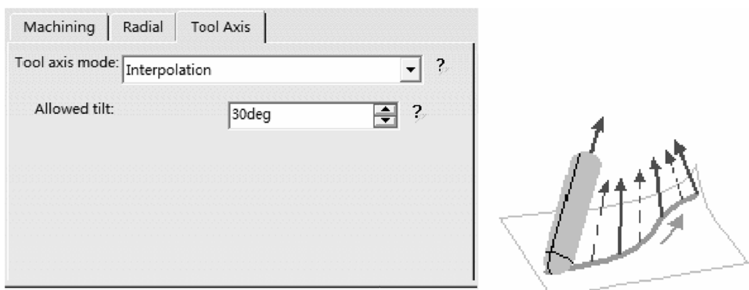


图 2-143　插补（“Interpolation”）

4. **优化前倾**（Optimized lead）

优化前倾是指通过“Minimum heel distance”（最小刀痕根高）来控制刀具在最大和最小倾角之间变化，如图 2-144 所示。

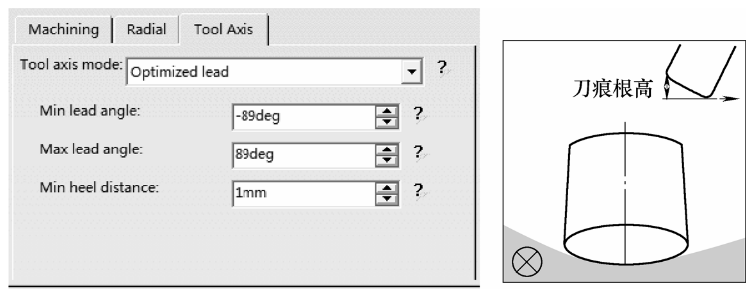


图 2-144　优化前倾（“Optimized lead”）

5. **四轴前倾**（“4-Axis lead/lag”）

四轴前倾是指刀轴相对于切削方向前倾（“lead”）一定的角度，如图 2-145 所示。

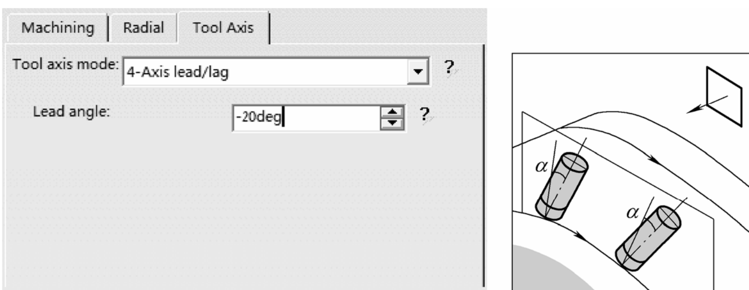


图 2-145　四轴前倾（“4-Axis lead/lag”）

6. **四轴侧倾**（“4-Axis Tilt”）

四轴侧倾是指刀轴相对于刀具路径向前、后和向外倾斜一定的角度，如图 2-146 所示。

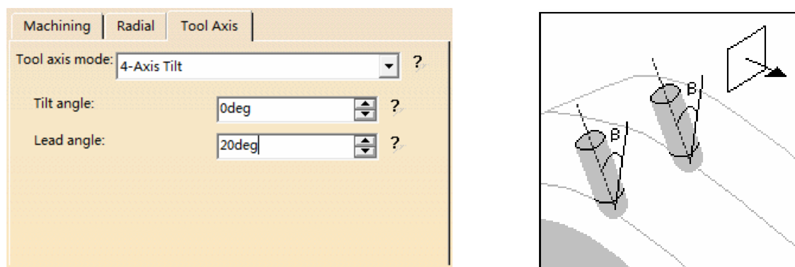


图 2-146　四轴侧倾（“4-Axis Tilt”）

7. **通过点**（“Thru a point”）

通过点是指刀具通过指定的点，可以是朝向点或者背离点。朝向点适合于加工型芯等凸型面，特别是带有陡峭凸壁、负角面的零件；背离点适合于加工型腔等凹型面，特别是带有型腔、负角面的凹模零件，如图 2-147 所示。



图 2-147　通过点（“Thru a point”）

8. **垂直直线**（“Normal to line”）

垂直直线是指刀轴垂直于直线，包括朝向直线和背离直线。朝向直线是指刀具刀尖总是指向用户定义的直线，背离直线是指刀具刀尖总是远离用户定义的直线，如图 2-148 所示。



图 2-148　垂直直线（“Normal to line”）

9. **通过引导**（“Thru a guide”）

通过引导是指刀轴通过引导曲线，如图 2-149 所示。

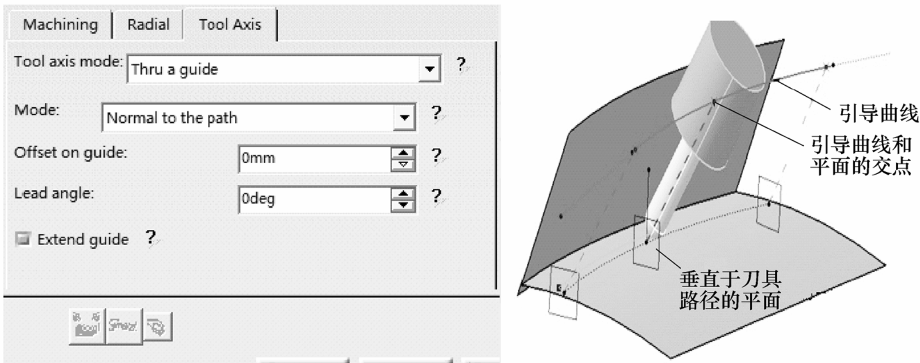


图 2-149　通过引导（“Thru a guide”）

10. **垂直于驱动曲面**（“Normal to drive surface”）

垂直于驱动曲面用于定义刀轴每个点处垂直于所选驱动曲面的可变刀轴，如图 2-150 所示。

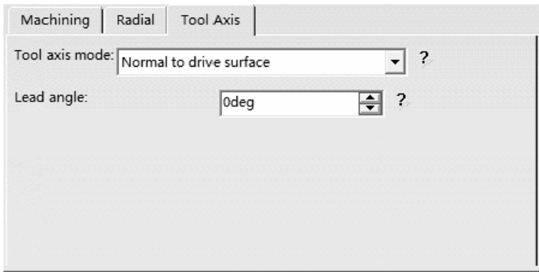


图 2-150　垂直于驱动曲面（“Normal to drive surface”）

2.4.2　多轴曲线加工（Multi-Axis Curve Machining）

多轴曲线加工是指刀具沿曲线进行走刀生成刀具路径，可通过设置来控制刀轴方向，如图 2-151 所示。

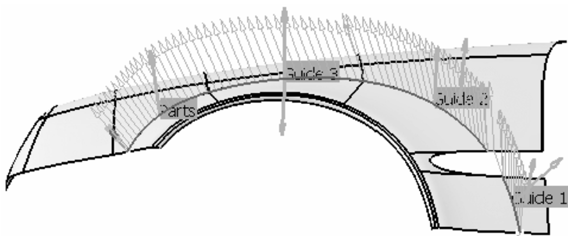


图 2-151　多轴曲线加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Curve Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Multi-Axis Curve Machining 按钮，弹出““Multi-Axis Curve Machining.x”对话框，如图 2-152 所示。

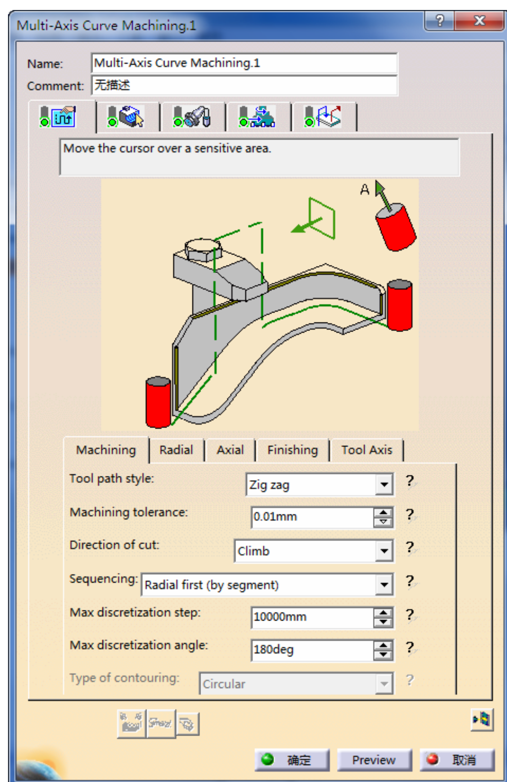


图 2-152　“Multi-Axis Curve Machining.x”对话框

1. 刀具路径参数选项卡

单击“Multi-Axis Curve Machining.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Machining”、“Radial”、“Axial”、“Finishing”、“Tool Axis”选项卡，如图 2-152 所示。

1）“Machining”选项卡如图 2-152 所示。该选项相关参数如下：

● “Sequencing”：Sequencing 选项（1）、（2）用于选择加工顺序，包括以下选项：

➢ “Radial first(by segment)”：首先加工径向，然后进行轴向切削，所有加工通过深度优先方式实现，如图 2-153 所示。

➢ “Axial first (by segment)”：首先加工轴向，然后进行径向切削，所有加工通过深度优先方式实现，如图 2-153 所示。

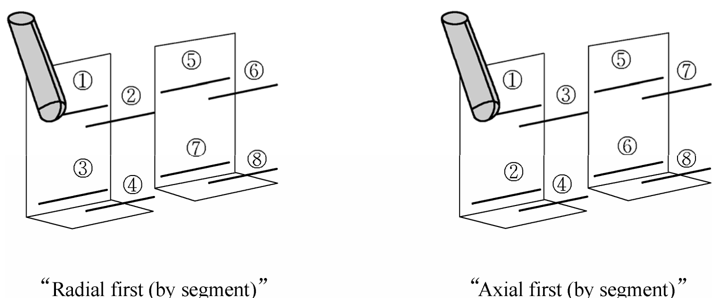


图 2-153 “Sequencing”选项（1）

➢ “Radial first (by level)”：首先加工径向，然后进行轴向切削，所有加工通过层优先方式实现，如图 2-154 所示。

➢ “Axial first (by level)”：首先加工轴向，然后进行径向切削，所有加工通过层优先方式实现，如图 2-154 所示。

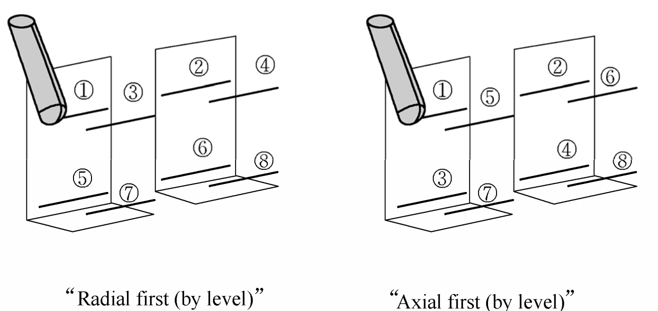


图 2-154 “Sequencing”选项（2）

● “Type of contouring”：用于选择拐角类型，包括以下选项：

➢ “Circular”：刀具在拐角点沿圆弧移动，轮廓半径等于刀具半径。

➢ “Angular”：刀具不与拐角接触，沿拐角处两条直线形成的轮廓移动。

➢ “Optimized”：刀具沿拐角处轮廓切线方向移动。

➢ “Forced circular”：刀具沿拐角处近似圆弧移动。

2）“Radial”选项卡（3）如图 2-155 所示。该选项相关参数如下：

● “Distance between paths”：用于定义两条连续刀具路径轨迹在径向方向上的最大距离。

3）“Axial”选项卡（4）如图 2-156 所示。该选项相关参数如下：

● “Maxiumum cut depth”：用于输入切削时的最大轴向切深。

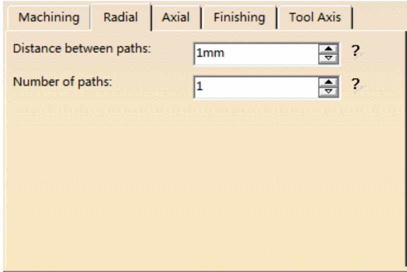


图 2-155　“Radial”选项卡（3）

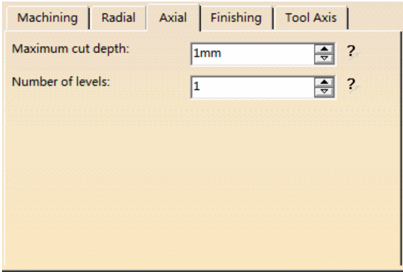


图 2-156　“Axial”选项卡（4）

2. ***几何参数选项卡***

单击“Multi-Axis Curve Machining.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（11），如图 2-157 所示。

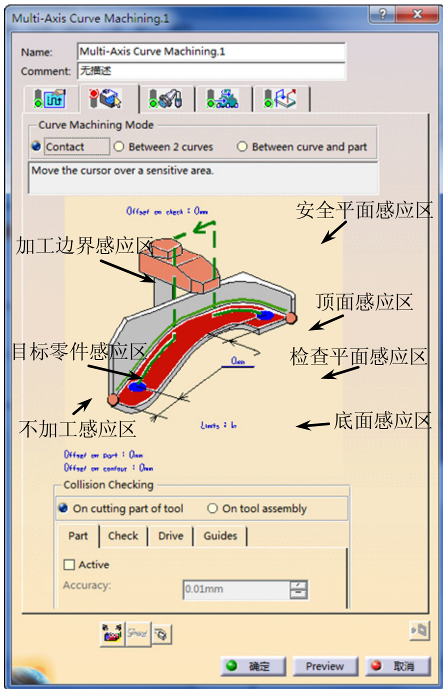


图 2-157　几何参数选项卡（11）

2.5　CATIA V5 R20 车削加工技术

CATIA V5 R20 常用的车削加工技术有粗车、沟槽、空槽、轮廓精车、螺纹加工，下面分别加以介绍。

2.5.1 粗车加工（Rough Turning）

粗车加工用于移除大量材料，一般加工精度比较低，主要用于加工零件的外表面，包括纵向粗车削加工（“Longitudinal”）、端面粗车削加工（“Face”）和平行轮廓粗车削加工（“Parallel Contour”），如图 2-158 所示。

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Rough Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Rough Turning operation 按钮，弹出“Rough Turning.x”对话框，如图 2-159 所示。

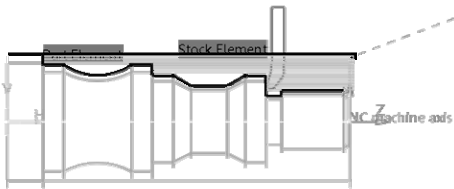


图 2-158 粗车加工

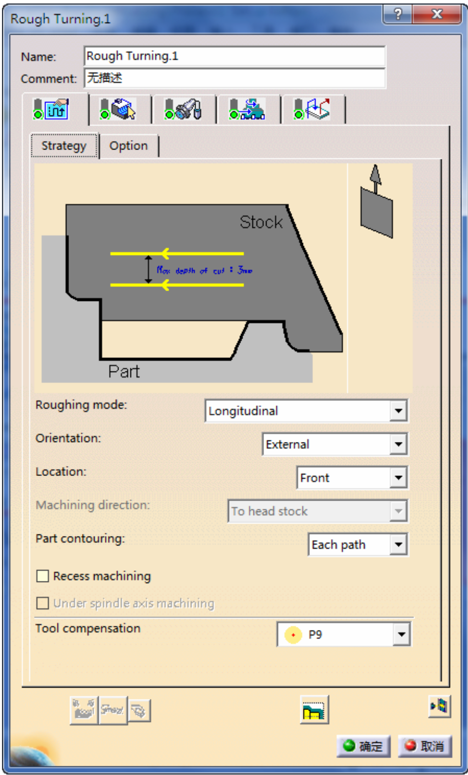


图 2-159 “Rough Turning.x”对话框

1. 刀具路径参数选项卡

单击“Rough Turning.x”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Strategy”和“Option”两个选项卡，如图 2-159 所示。

1）“Strategy”选项卡如图 2-159 所示，用于设置加工策略参数。相关参数如下：

- “Roughing mode”：粗加工模式。用于选择粗加工模式，包括“Longitudinal”

（纵车）、“Face”（端面）和“Parallel Contour”（平行轮廓）3 个选项，如图 2-160 所示。

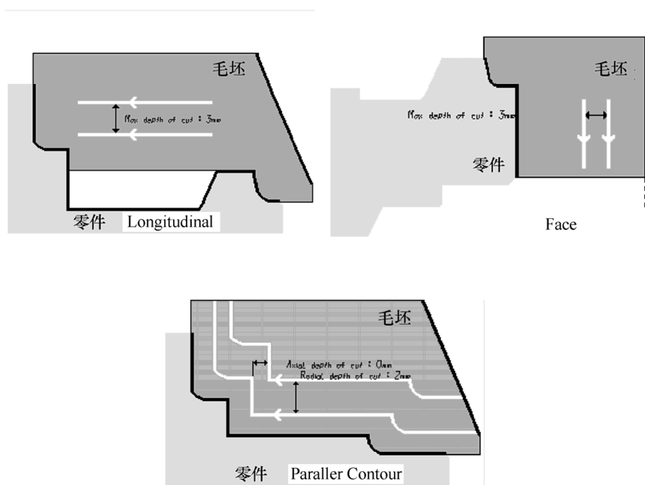


图 2-160　“Roughing mode”示意图

● “Orientation”：方位。用于选择加工位置，包括“Internal”（内部）、“External”（外部）和“Frontal”（端面）3 个选项，如图 2-161 所示。

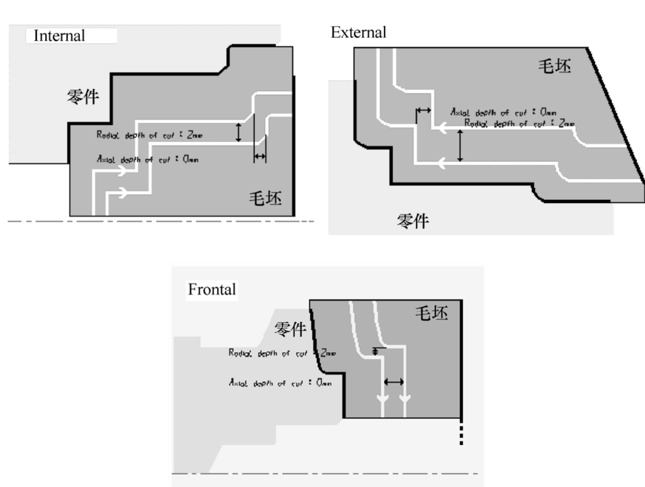


图 2-161　“Orientation”示意图

● “Location”：方向。用于设置零件的加工方向，包括“Front”和“Back”两个选项，如图 2-162 所示。

➢ “Front”：前端定位，加工时零件加工方向指向机床头部方向。

➢ “Back”：后端定位，加工时零件加工方向指向机床尾部方向。

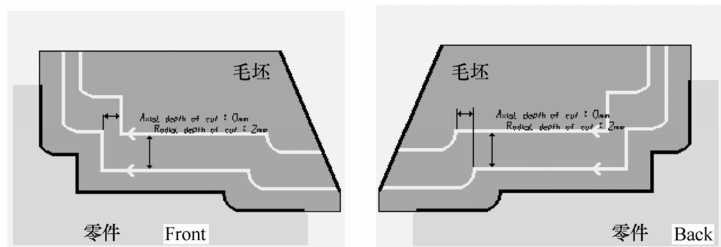


图 2-162　Location 示意图

- “Machining direction”：加工方向。用在“Parallel Contour”（平行轮廓）和“Face”（端面）加工模式下加工零件端面。
- “Part contouring”：零件轮廓仿形。在纵向和端面车削过程中设置加工仿形选项，包括“No”（不仿形）、“Each path”（每次走刀都仿形）和“Last path only”（最后一次走刀仿形）3 个选项。
- “Recess machining”：空槽加工。如果在纵向加工模式中设置“Each path”和“Last path only”，或者在“Parallel Contour”加工模式下需要加工空槽，需要激活该选项，如图 2-163 所示。

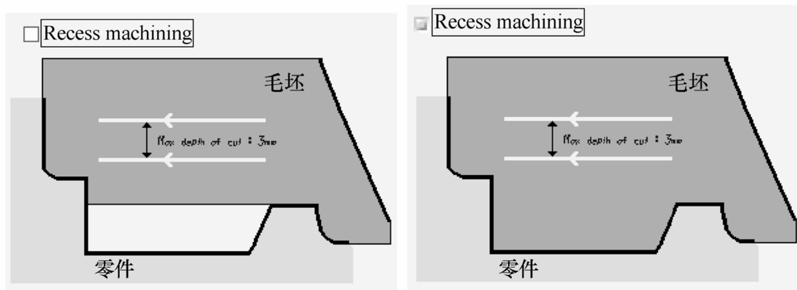


图 2-163　“Recess machining”示意图

- “Under spindle axis machining”：在中心线下加工。选中该单选按钮，可以在中心线以下进行加工。
- “Tool compensation”：刀具补偿。用于选择刀具补偿位置点。
- “Max depth of cut”：最大切削深度。用于设定每次零件加工的最大切削深度，双击“Max depth of cut”，弹出“Edit Parameter”对话框（3），如图 2-164 所示。

2）“Option”选项卡（1）如图 2-165 所示。该选项相关参数如下：

- “Lead in”：切入。切入是以较小的进给速度垂直于工件进给。右击 Lead in 字样，利用弹出的快捷菜单可选择“No”（无）、“Each path”（每次走刀都切入）和“Last path only”（仅当最后一次走刀时有切入）3 个选项。
  - ➢ “Lead in angle”：切入角度。双击该图样，弹出“Edit Parameter”对话框，

可定义切入角度。如果没有切入角度，系统认为切入路径平行或垂直于切削方向。

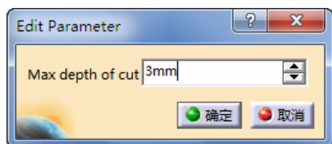


图 2-164　“Edit Parameter”对话框（3）

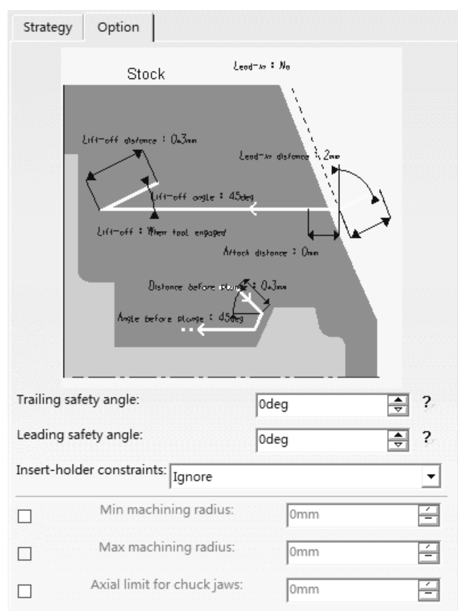


图 2-165　“Option”选项卡（1）

➢ “Lead in distance”：切入长度。双击该图样，弹出“Edit Parameter”对话框，可定义相对于切削方向的切入长度。

● “Lift off”：切出。右击“Lift off”字样，利用弹出的快捷菜单可选择“None”（无）、“Each path”（每次走刀都切出）和“When tool engaged”（仅当刀具发生碰撞时）3 个选项。

➢ “Lift off angle”：切出角度。双击该图样，弹出“Edit Parameter”对话框，可定义切出角度。如果没有切出角度，系统认为切出路径平行或垂直于切削方向。

➢ “Lift off distance”：切出长度。双击该图样，弹出“Edit Parameter”对话框，可定义相对于切削方向的切出长度。

● “Trailing safety angle”和“Leading safety angle”：引入和引出安全角。通过减小刀具在加工过程的斜度来防止刀具碰撞。

● “Min machining radius”：最小加工半径。用于外圆面加工时设置最小加工半径。

● “Max machining radius”：最大加工半径。用于内孔表面加工时设置最大加工半径。

● “Axial limit for chuck jaws”：轴向极限位置。用于防止在加工过程中车刀碰撞卡盘爪。

2. *几何参数选项卡*

单击“Rough Turning.x”对话框中的，切换到几何参数选项卡（12），如图 2-166 所示，用于零件加工轮廓和边界选择。

1）“Edge Selection”工具栏。单击红色感应区，系统自动转换到图形区域并弹出“Edge Selection”工具栏。利用该工具栏可选择加工轮廓和毛坯边界，如图 2-167 所示。

- Navigate on Belt of Edges 按钮：首先选择起点处的两条边，再单击该按钮，在此方向所有与被选择边相连的边都被选中。
- Navigate on Edges Until an Edges 按钮：首先连续选择起点处的两条边，再单击该按钮，接着选择终点边，此时中间所有相连的边都选中。
- Close Contour with Line 按钮：先选择一个轮廓，再单击该按钮，在轮廓的起点和终点之间会插入一段直线。
- Insert lines on Gaps 按钮：单击该按钮，接着选择间断处的起点和终点，间断处就会被连接上。

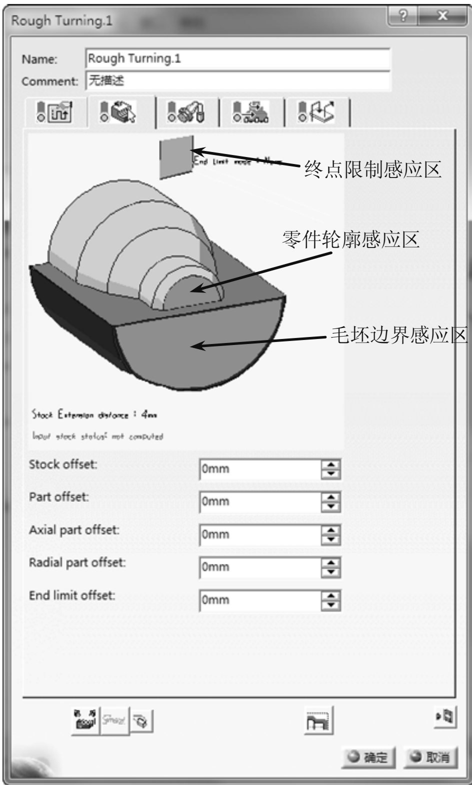


图 2-166　几何参数选项卡（12）

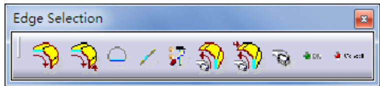


图 2-167　“Edge Selection”工具栏

- Display option panel 按钮：单击该按钮，弹出“Options”选项卡（2），用于管理间断处的线段选择，如图 2-168 所示。

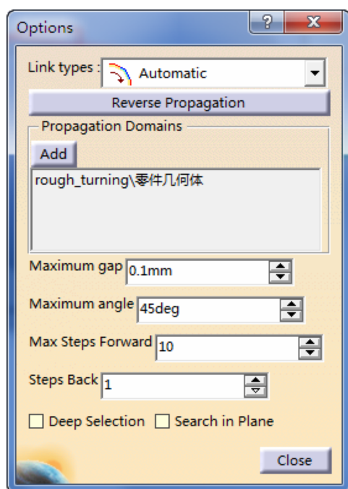


图 2-168　“Options”选项卡（2）

- ➢ Automatic 按钮：选择线段后自动选择轮廓。
- ➢ Line insert 按钮：在间断处插入直线。
- ➢ Linear extrapolation 按钮：通过两条延伸直线填充间断处。
- ➢ Axial radial 按钮：在断裂处先径向后轴向分别插入两条直线。
- ➢ Radial axial 按钮：在断裂处先轴向后径向分别插入两条直线。
- Resets selections by step back 按钮：撤销选择。
- Resets selection to stop edge 按钮：挑选选择。
- Resets All Selections 按钮：重新选择零件轮廓边界。

2）终点限制感应区。终点限制感应区用于指定一个点、一条直线、一条曲线来限制元素和再次限制或者延伸已选择的零件轮廓。

3）参数区：

- “Stock offset”：用于设定毛坯的实际偏移量。
- “Part offset”：用于设定零件的实际偏移量。
- “Axial part offset”：用于设定零件轮廓沿着轴向的实际偏移量。
- “Radial part offset”：用于设定零件轮廓沿着径向的实际偏移量。
- “End limit offset”：用于设定终点限制元素的实际偏移量。

3. ***刀具参数选项卡***

单击“Rough Turning.x”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（2），如图 2-169 所示。

1）刀具选项卡。单击刀具参数选项卡中的，切换到刀具选项卡，如图 2-169 所示。

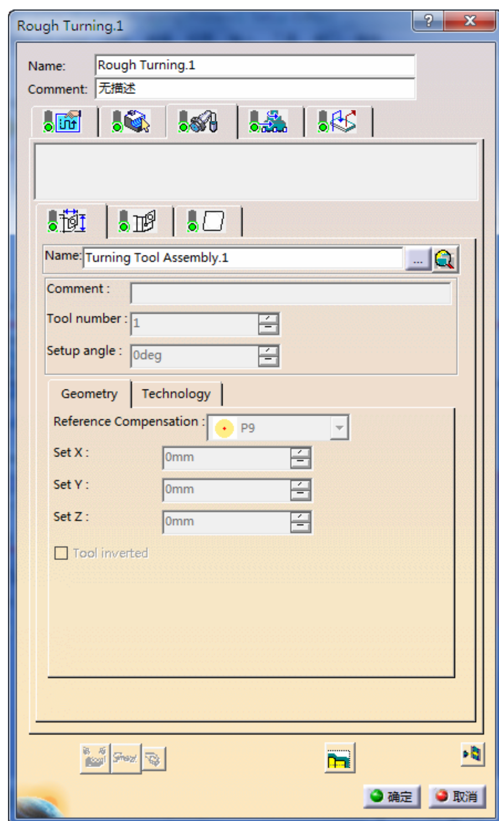


图 2-169　刀具参数选项卡（2）

- “Name”：用于输入刀具名称。
- “Comment”：用于对选取的刀具进行注释说明。
- “Tool number”：用于对选取的刀具进行编号。
- “Setup angle”：用于调整刀具的安装角度。
- “Geometry”：一般参数设置，包括 *X* 轴、*Y* 轴和 *Z* 轴移动量设置。
- ➢ “Set X”：用于设置 *X* 轴移动量。
- ➢ “Set Y”：用于设置 *Y* 轴移动量。
- ➢ “Set Z”：用于设置 *Z* 轴移动量。
- “Technology”：技术参数，可设置分层和各层退刀点。
- ➢ “Number of components”：分层切削。可设置分几层对零件进行加工。
- ➢ “Pref. output point 1”：输出点 1。加工完第 1 层的退刀点。

➢ “Pref. output point 2”：输出点 2。加工完第 2 层的退刀点。

➢ “Pref. output point 3”：输出点 3。加工完第 3 层的退刀点。

2）刀柄选项卡。单击刀具参数选项卡中的[icon]，切换到刀柄选项卡，用于设置刀具刀柄的参数，如图 2-170 所示。

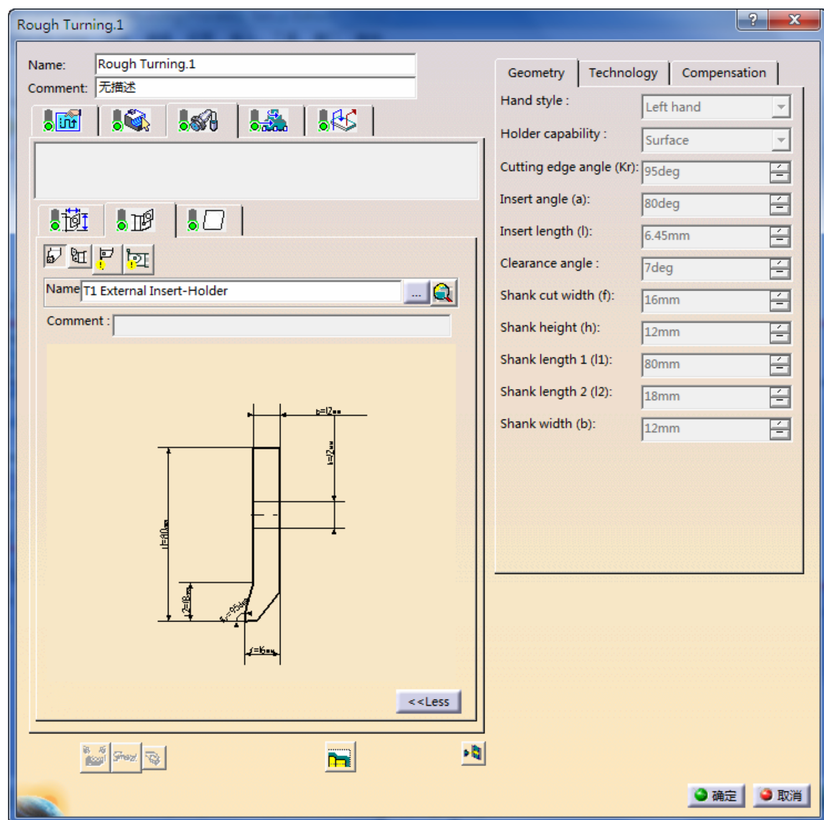


图 2-170　刀柄选项卡

● “Geometry”：用于设置刀柄的几何参数，包括以下选项：

➢ “Hand style”：进刀类型。用于选择合适加工的刀柄类型，包括“Right hand”（右手）、“Left hand”（左手）和“Neutral”（中性）3 个选项。

➢ “Holder capability”：刀柄特性。用于设置刀具刀柄的特性，包括“Surface”（曲面）、“Traverse”（横向）和“Shortest”（最短）3 个选项。

➢ “Cutting edge angle”：刃口角。用于设置刀具的刃口角。

➢ “Insert angle”：后倾角角度。用于设置刀具的倾角角度。

➢ “Insert length”：后倾角长度。用于设置后倾角的长度。

➢ “Clearance angle”：后角。用于设置刀具后角角度。

- ➢ “Shank cut width”：切削刀柄宽度。用于设置刀具切削刀柄宽度。
- ➢ “Shank height”：刀柄高度。用于设置安装刀柄的孔径高度。
- ➢ “Shank length1”：刀柄长度 1。用于设置刀柄的总长。
- ➢ “Shank length2”：刀柄长度 2。用于设置刀柄安装刀片部分的长度。
- ➢ “Shank width”：刀柄后座宽度。用于设置刀具尾部的宽度。
- ● “Technology”：技术参数。用于设置刀柄的技术参数，如图 2-171 所示。
- ➢ “Max machining length”：最大加工长度。用于设置刀具的最大加工长度。
- ➢ “Max life time”：最大寿命。用于设置刀具的最大寿命。
- ➢ “Coolant syntax”：切削液。用于描述有关切削液的设置。
- ➢ “Weight syntax”：重量。用于描述刀具的重量。
- ➢ “Max recessing depth”：最大空槽背吃刀量。用于定义最大空槽切削深度。
- ➢ “Leading angle”：引入角度。用于定义刀具开始切削时的角度。
- ➢ “Trailing angle”：引出角度。用于定义刀具切出时的角度。
- ● “Compensation”：补偿参数。用于选择刀具补偿参数，如图 2-172 所示。

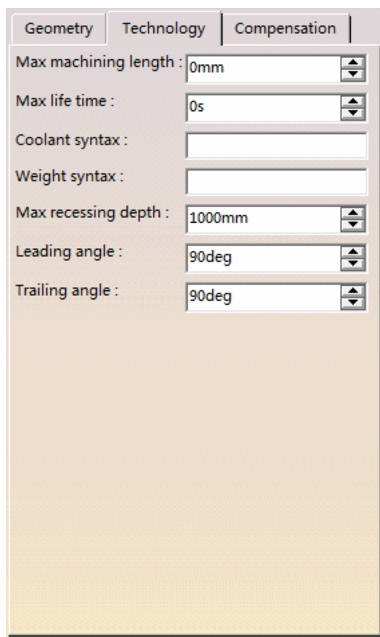


图 2-171 “Technology”技术参数

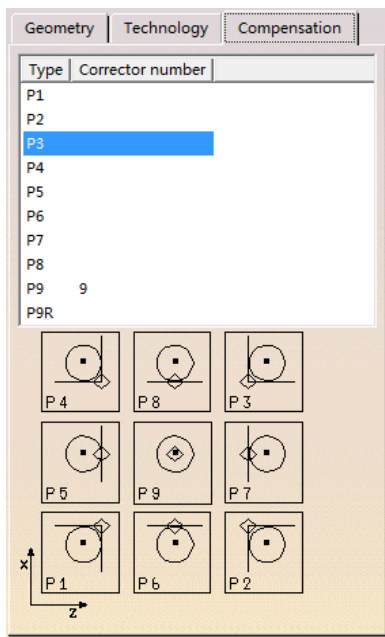


图 2-172 “Compensation”补偿参数

3）刀片选项卡。单击刀具参数选项卡中的▯，切换到刀片选项卡，用于设置刀片类型以及刀片参数，包括圆形刀片、菱形刀片、方形刀片、三角形刀片、尖槽刀片和沟槽刀片，如图 2-173 所示。

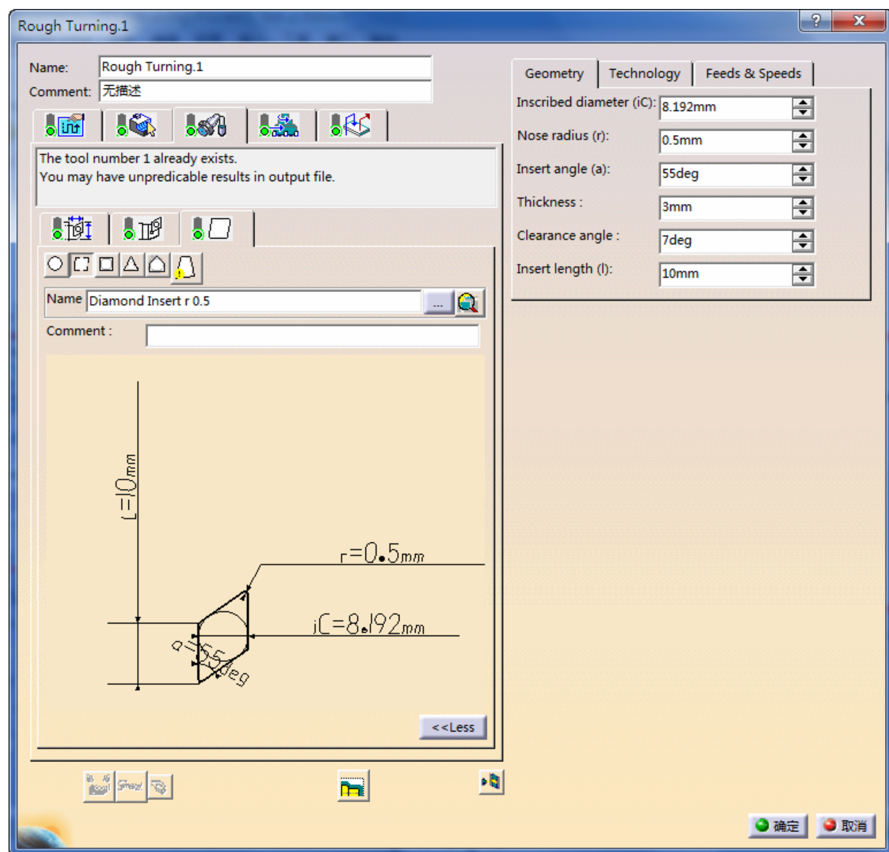


图 2-173　刀片选项卡

4. 进给率参数选项卡

单击“Rough Turning.x”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），可设置进给率参数，如图 2-174 所示。

5．进刀、退刀参数选项卡

单击“Rough Turning.x”对话框中的按钮，切换到进刀、退刀参数选项卡（11），如图 2-175 所示。

进刀、退刀路径选项卡中的“Mode”（模式）下拉列表用于选择进刀、退刀模式，包括以下选项：

- “None”：选择不设置进刀或退刀路径。
- “Build by user”：用于自定义进刀或退刀路径。
- “Direct”：选择直接进刀或退刀方式。
- “Radial axial”：选择径向→轴向进刀或退刀方式。
- “Axial radial”：选择轴向→径向进刀或退刀模式。

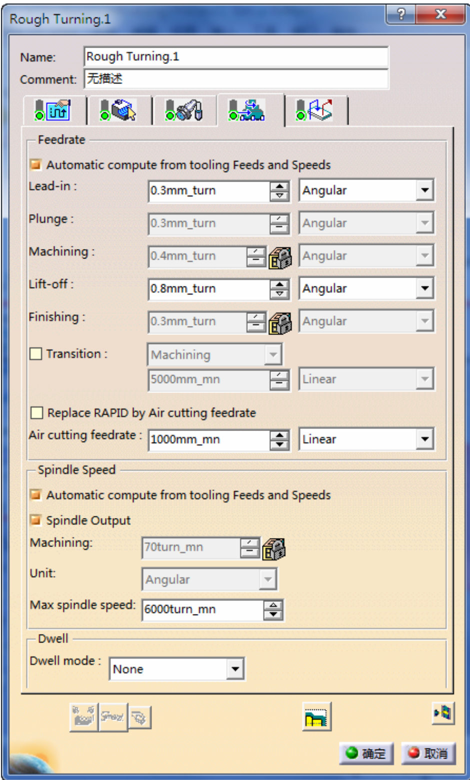


图 2-174　进给率参数选项卡（3）

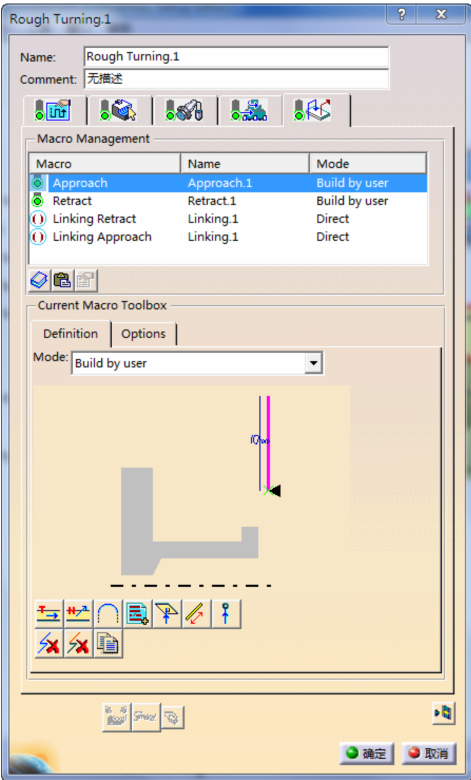


图 2-175　进刀、退刀参数选项卡（11）

2.5.2　沟槽加工（Groove Turning）

沟槽加工主要用于加工棒料的凹槽部分，刀具切割毛坯时，垂直于回转体轴线进行切割，所用刀具的两侧是切削刃，如图 2-176 所示。

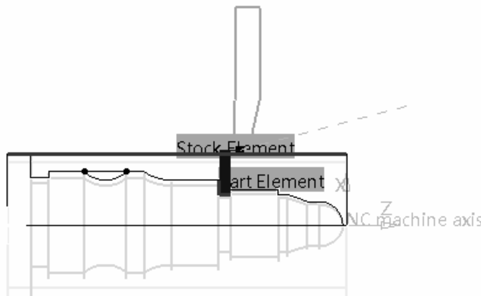


图 2-176　沟槽加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Groove Turning”命令，或者单击“Machining

Operations”工具栏上的 Groove Turning operation 按钮，弹出“Groove Turning.x”对话框，如图 2-177 所示。

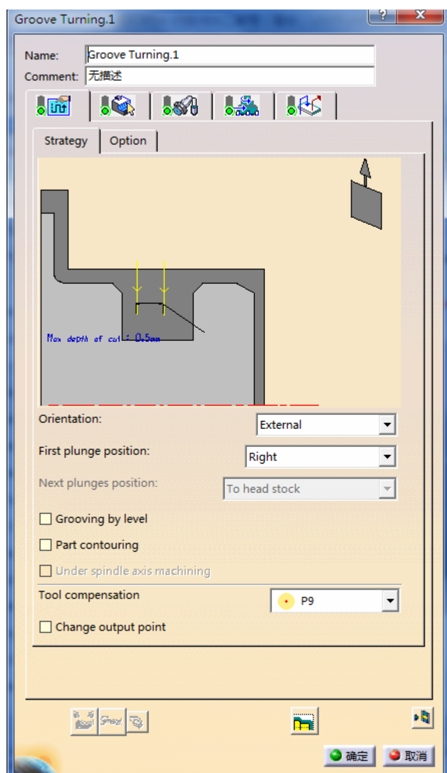


图 2-177　“Groove Turning.x”对话框

1．*刀具路径参数选项卡*

单击“Groove Turning.x”对话框（如图 2-178 所示）中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Strategy”和“Option”选项卡。

“Strategy”选项卡：

- “Orientation”：方位。用于选择加工方位，包括“External”（外部沟槽）、“Internal”（内部沟槽）、“Frontal”（端面沟槽）和“Other”（倾斜端面沟槽）4 个选项。
- “Max depth of cut”：最大切削深度，用于设定每次零件加工的最大切削深度。双击“Max depth of cut”，弹出“Edit Parameter”对话框。
- “First plunge position”：第一次的切入方向，用于选择开始切入的位置，包括“Right”（右）、“Center”（中）、“Left”（左）3 个选项。
- “Next plunges position”：下一次的切入方向，用于选择下一次的切削方

向。当选择“First plunge position”为“Center”时，可选择“To head stock”（向床头方向）、“From head stock”（从床头方向）和“Single Plunge”（单向插削）3 个选项。

- “Grooving by level”：分层切削。选中该复选框，可分层切削沟槽。
- “Part contouring”：零件轮廓。选中该复选框，在沟槽加工完成时进行精加工。
- “Under spindle axis machining”：细长轴的加工。如果加工细长轴，则应选中该复选框。
- “Change output point”：改变输出点。选中该复选框，刀具输入点的变换可以自动地管理。

2. ***几何参数选项卡***

单击“Groove Turning.x”对话框中的，切换到几何参数选项卡（13），如图 2-178 所示，可对零件进行加工轮廓和边界的选择。

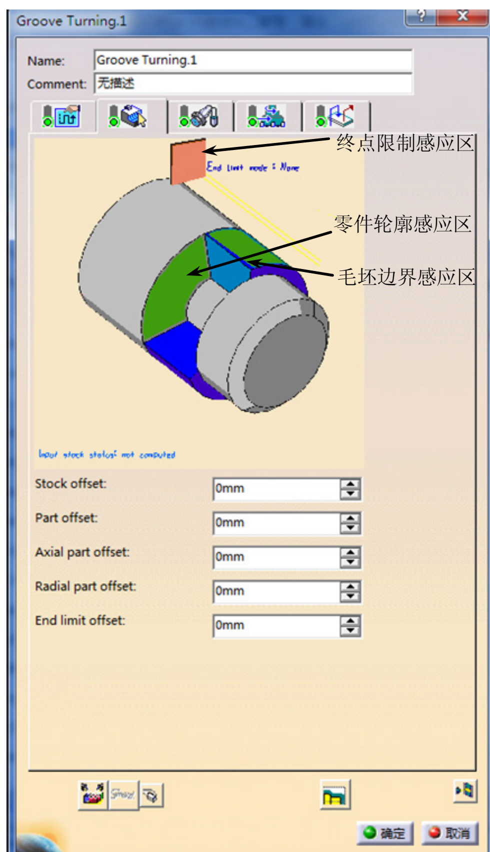


图 2-178　几何参数选项卡（13）

2.5.3　空槽加工（Recess Turning）

轴类零件空槽加工主要用于加工轴的连接部分凹槽，刀具平行于轴线进给，如图 2-179 所示。

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Recess Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Recess Turning operation 按钮，弹出“Recess Turning.x”对话框，如图 2-180 所示。

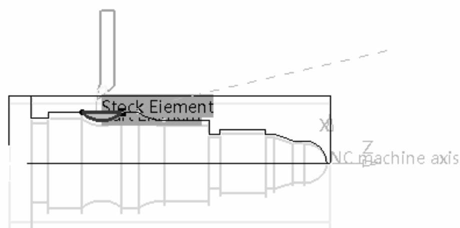


图 2-179　空槽加工

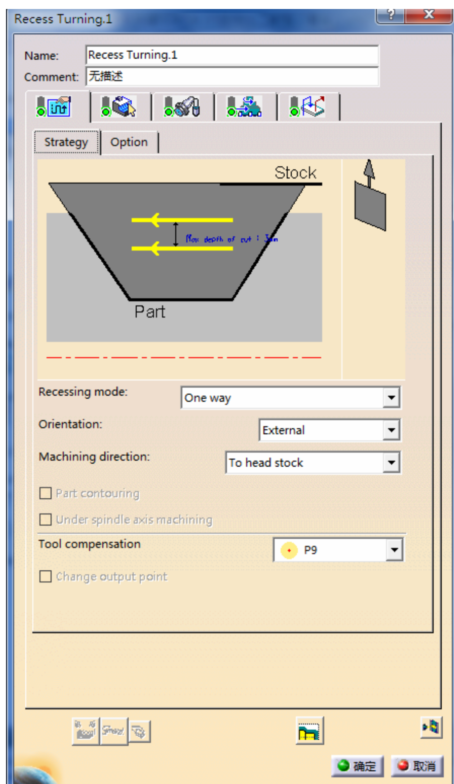


图 2-180　“Recess Turning.x”对话框

1.　*刀具路径参数选项卡*

单击“Recess Turning.x”对话框（如图 2-181 所示）中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Strategy”和“Option”选项卡。

“Strategy”选项卡中的“Recessing mode”选项提供了 3 种进给方式，如图 2-182 所示。

- “One way”：单向切削。选择该模式后，加工时单向进给，依次往复切除一层多余的材料。

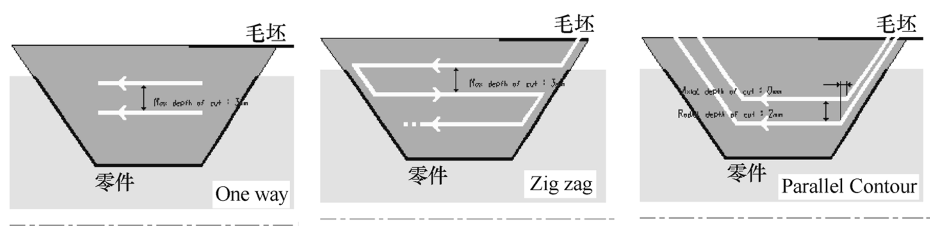


图 2-181 “Recessing mode”示意图

- “Zig zag”：往复切削。选择该模式后，加工时双向进给，往复时均切除多余材料。
- “Parallel Contour”：平行轮廓切削。选择该模式后，刀具沿零件轮廓轨迹加工去除多余材料。

2. 几何参数选项卡

单击“Recess Turning.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（14），如图 2-182 所示，可对零件进行加工轮廓和边界的选择。

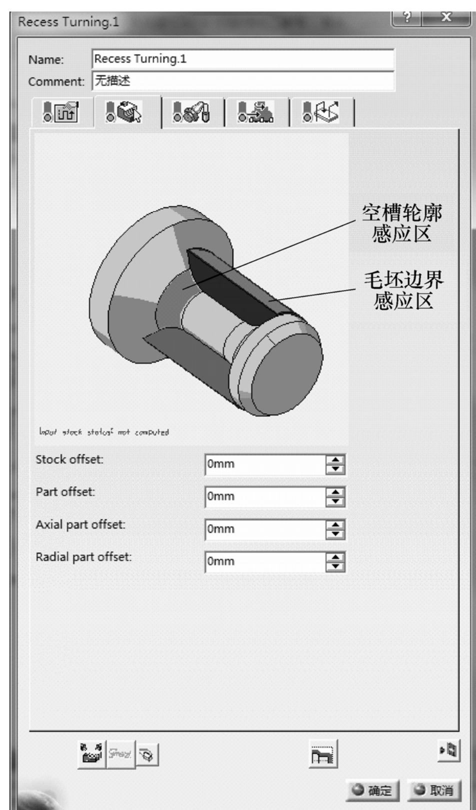


图 2-182 几何参数选项卡（14）

2.5.4　轮廓精车加工（Profile Finish Turning）

轮廓精车加工主要用于外形与配合精度高的轴类零件，如图 2-183 所示。

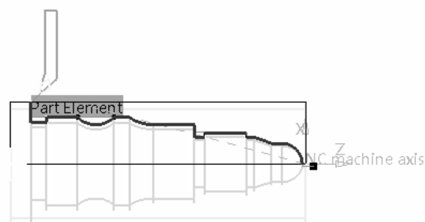


图 2-183　轮廓精车加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Profile Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Profile Finish Turning operation 按钮，弹出“Profile Finish Turning.x”对话框，如图 2-184 所示。

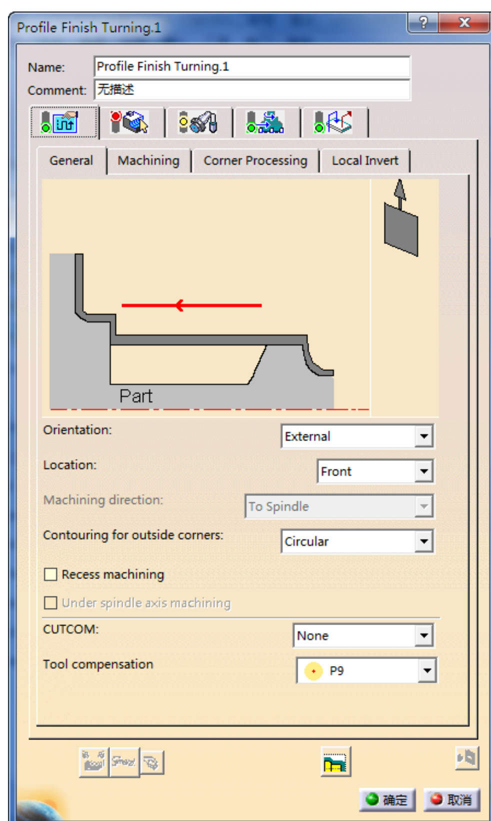


图 2-184　“Profile Finish Turning.x”对话框

1. *刀具路径参数选项卡*

单击“Profile Finish Turning.x”对话框（如图 2-185 所示）中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，包括“General”、“Machining”、“Corner Processing”和“Local Invert”选项卡。

● “General”：用于设置轮廓精车加工方位。“Orientation”方位包括：“Internal”（内部轮廓精车削）、“External”（外部轮廓精车削）、“Frontal”（端面轮廓精车削）。

● “Machining”：用于设置切入切出类型，包括直线切入切出、圆弧切入切出两种方式，如图 2-185 所示。

● “Corner Processing”：拐角处理。用于设置处理阶梯轴拐角轮廓方式，如图 2-186 所示。其中“None”表示不处理圆角；“Chamfer”表示所有的拐角设置成倒角，需要设置倒角长度；“Rounded”表示所有拐角加工成圆角，需要设置圆角半径。

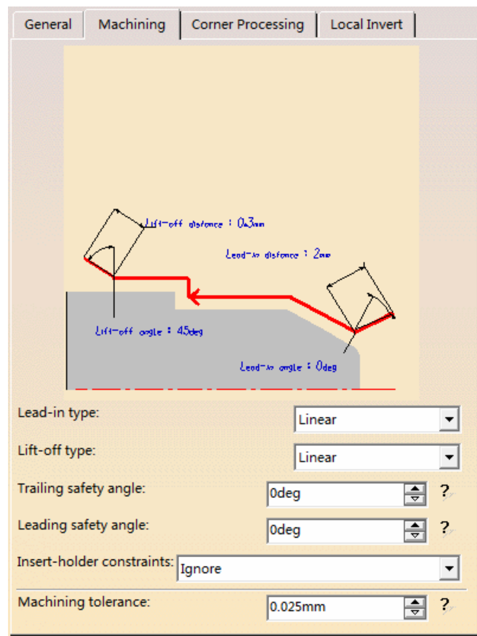


图 2-185 “Machining”选项卡

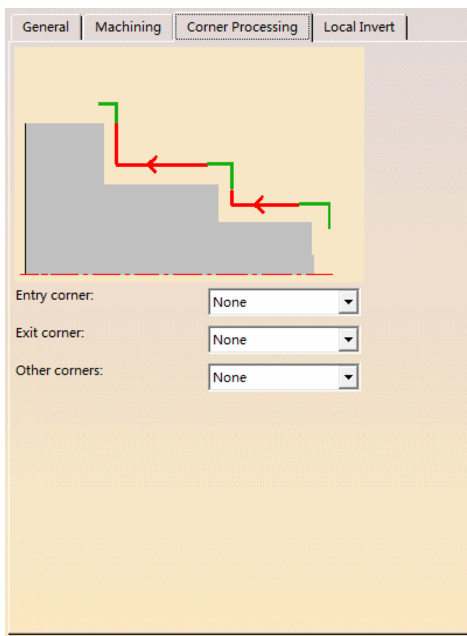


图 2-186 “Corner Processing”选项卡

2. *几何参数选项卡*

单击“Profile Finish Turning.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（15），如图 2-187 所示，可对零件进行加工轮廓和边界的选择。

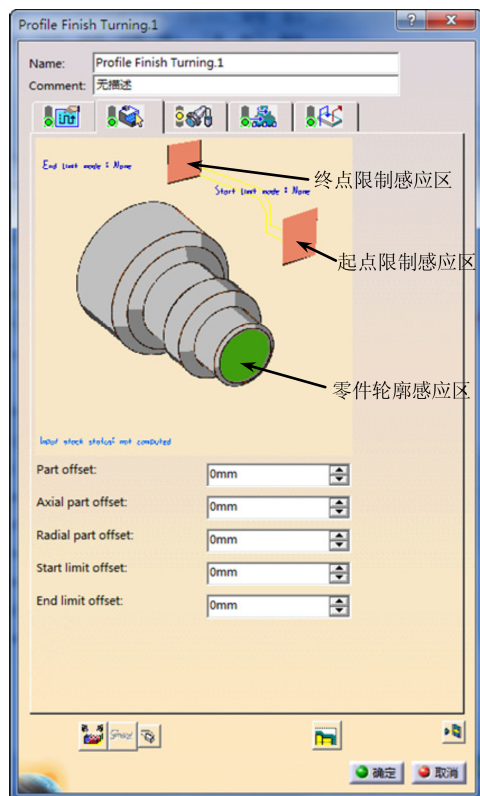


图 2-187　几何参数选项卡（15）

2.5.5　沟槽精车加工（Groove Finish Turning）

沟槽精车加工用于在沟槽粗加工后进行精切削，如图 2-188 所示。

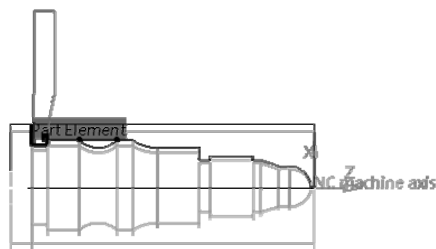


图 2-188　沟槽精车加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Groove Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Groove Finish Turning operation 按钮，弹出“Groove Finish Turning.x”对话框，如图 2-189 所示。

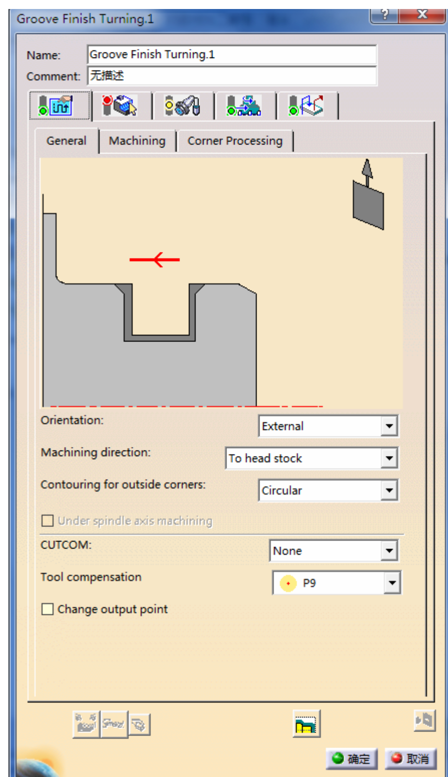


图 2-189 “Groove Finish Turning.x”对话框

2.5.6 螺纹加工（Thread Turning）

螺纹加工可以加工外螺纹和内螺纹，而且加工的螺纹可以是贯通的，也可以是不贯通的，如图 2-190 所示。

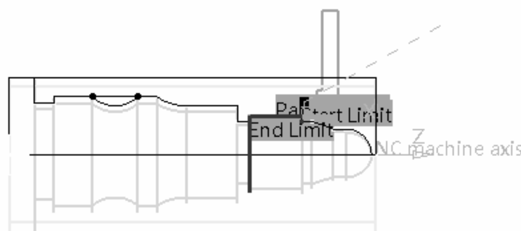


图 2-190 螺纹加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Thread Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Thread Turning operation”按钮，弹出“Thread Turning.x”对话框，如图 2-191 所示。

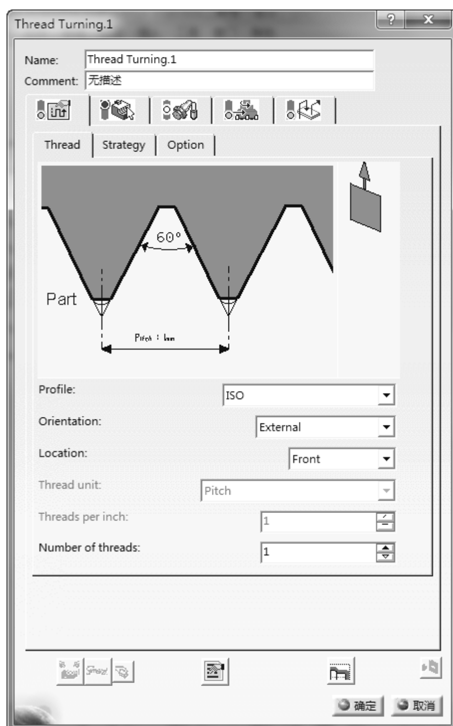


图 2-191　“Thread Turning.x”对话框

1. *刀具路径参数选项卡*

单击“Thread Turning.x”对话框（如图 2-191 所示）中的，切换到刀具路径参数选项卡，包括“Thread”、“Strategy”、和“Option”选项卡。“Thread”选项卡中的相关参数如下：

- “Profile”：剖面，用于选择螺纹剖面类型，包括以下选项：
  - “ISO”：国际标准螺纹，用于加工国际标准螺纹。
  - “Trapezoidal”：梯形螺纹，用于加工梯形螺纹。
  - “UNC”：统一标准粗牙螺纹，用于加工统一标准粗牙螺纹。
  - “Gas”：管螺纹，用于加工管螺纹。
  - “Other”：其他螺纹，用于加工其他螺纹。
- “Pitch”：用于设置螺纹节距。
- “Orientation”：方位，用于选择螺纹加工的方位，包括“Internal”（内部）和“External”（外部）选项。
- “Location”：方向，用于选择加工方向，包括“Front”（前端定位）和“Back”（后端定位）选项。
- “Thread unit”：螺纹单位，用于设置螺纹单位。包括“Pitch”（螺距）

和“Threads per inch”（牙型）选项。对于国际标准螺纹和梯形螺纹，自动设置成“Pitch”（螺距）；对于统一标准粗牙螺纹和管螺纹，自动设置成“Threads per inch”（牙型）；对于其他种类螺纹，需要设置螺纹单位。

- “Threads per inch”：牙型。用于定义螺纹牙型。
- “Number of threads”：螺纹牙数。用于定义螺纹牙数。

2. *几何参数选项卡*

单击“Thread Turning.x”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡（16），如图 2-192 所示。

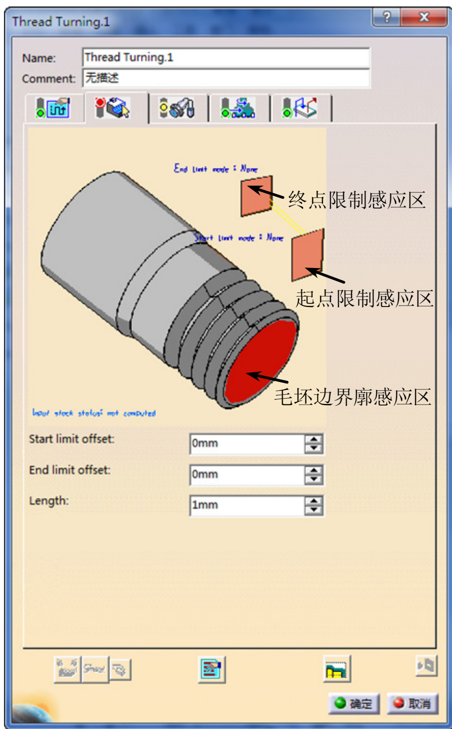


图 2-192 几何参数选项卡（16）

2.6 本章小结

本章详细介绍了 CATIA V5 R20 数控加工界面、数控加工流程、铣削加工技术和车削加工技术，这些内容都是 CATIA V5 R20 数控加工编程的基本技术，希望读者认真掌握。其中建立毛坯零件、定义零件操作、各种加工技术中的参数含义和设置是学习的重点，希望读者多加练习和理解体会，为下一步的具体应用奠定基础。

第 3 章　CATIA V5 R20 三轴铣削加工实例

三轴数控铣削加工是最基本的多轴加工技术。三轴联动机床是多轴加工的标准配置，实现原理是通过控制系统控制 3 个轴（*X*，*Y*，*Z*）加工产品。本章按照由浅入深的原则，结合 3 个具体实例来讲解 CATIA V5 R20 三轴铣削加工的实际应用。

3.1　入门实例——鼠标凸模三轴数控铣削加工

3.1.1　实例描述

鼠标凸模如图 3-1 所示，由分型面和凸台曲面组成。凸台曲面包括顶面和陡峭的侧面，两者之间圆角连接。材料为高硬度模具钢。工件底部安装在工作台上。

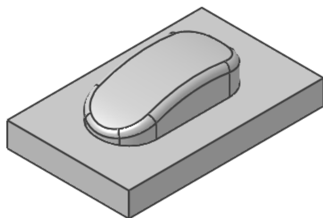


图 3-1　鼠标凸模

3.1.2　加工方法分析

鼠标凸模根据数控加工工艺要求，采用的工艺路线为粗加工→半精加工→精加工。

1）粗加工。首先采用较大直径的刀具进行粗加工，以便于去除大量多余留量。粗加工采用等高线粗加工的方法，刀具为ϕ10mm、R2mm 的圆角刀。

2）半精加工。利用半精加工来获得较为均匀的加工余量。半精加工采用先进精加工方式加工所有表面，刀具直径为ϕ6mm 的球刀。

3）精加工。精加工采用分区方式进行。对于顶面和圆角面采用轮廓驱动精加工；侧壁采用等高线精加工。刀具直径为ϕ5mm 的球刀。平坦分型面采用型

腔铣削加工，刀具直径为ϕ5mm 的圆角刀。

3.1.3　加工流程与所用知识点

鼠标凸模数控加工的设计流程和知识点见表 3-1。

表 3-1　鼠标凸模数控加工的设计流程和知识点

设计流程	知识点	设计流程效果图
Step 1： 打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2： 创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3： 定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	Safety plane
Step 4： 等高线粗加工	等高线粗加工是以垂直于刀具 *Z* 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料，常用于粗加工中	
Step 5： 先进精加工（半精加工）	先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工	Limit line
Step 6： 轮廓驱动精加工顶面	轮廓驱动精加工是以选择加工区域的轮廓线作为加工引导线来驱动刀具的运动，用于零件精加工	Check
Step 7： 等高线精加工侧壁	等高线精加工是垂直于刀具轴线的平面切削零件，以加工表面生成刀具路径	Limit line
Step 8： 型腔铣削精加工分型面	型腔铣削是利用刀具完成零件腔槽、底面和侧壁的加工	Check Bottom Island 1 (0mm) Island 2 (0mm) Guide

3.1.4　具体操作步骤

1．**打开模型文件进入加工环境**

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“shubiao.catpart”(随书光盘:\第 3 章\3.1\uncompleted\shubiao.catpart)，单击“OK”按钮，打开的模型文件（1）如图 3-2 所示。

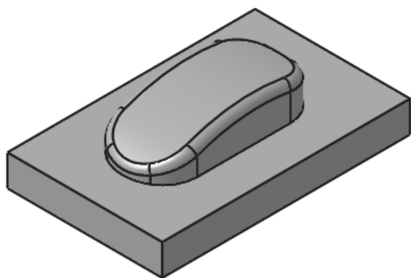


图 3-2　打开的模型文件（1）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2．**创建毛坯零件**

1）单击“Geometry Management”工具栏上的“Creates rough stock”按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框（1），激活“Part body”编辑框，选择如图 3-2 所示的模型零件为目标加工零件。

2）在图形区，一个线框包围着整个零件，“Rough Stock”对话框（1）下部将显示毛坯尺寸，编辑相关尺寸如图 3-3 所示。

3）单击“Rough Stock”对话框（1）中的“确定”按钮，创建的毛坯零件（1）如图 3-4 所示。

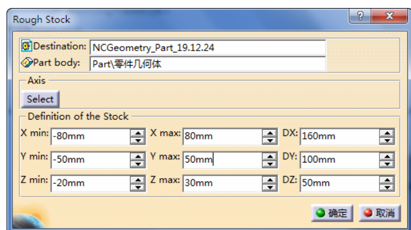


图 3-3　“Rough Stock”对话框（1）

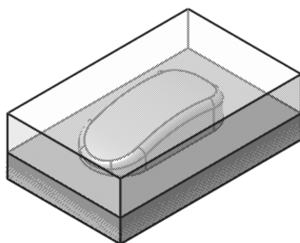


图 3-4　创建的毛坯零件（1）

4）创建坐标轴原点，其具体步骤如下：

- 选择菜单“开始”→“形状”→创成式外形设计命令，进入创成式外形设计工作环境。

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 3-5 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮，创建点 1（1），如图 3-5 所示。

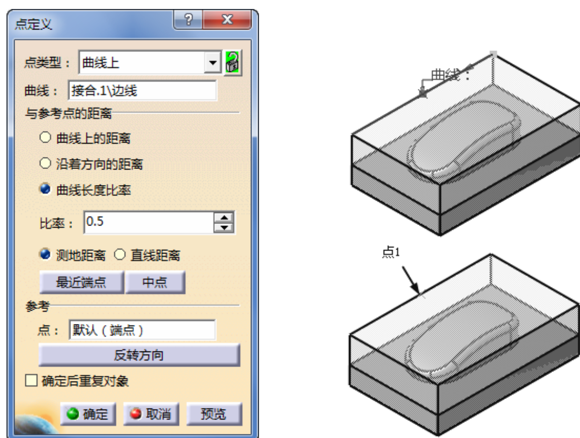


图 3-5　创建点 1（1）

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 3-6 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮，创建点 2（1），如图 3-6 所示。

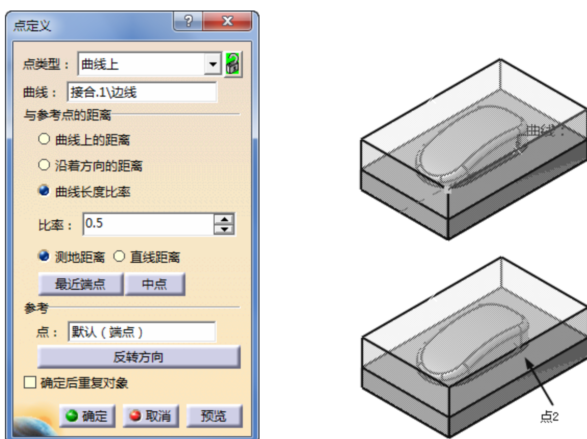
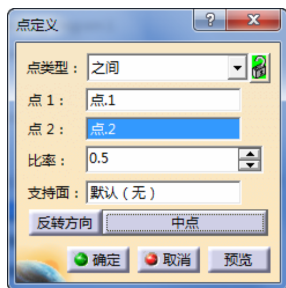


图 3-6　创建点 2（1）

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，在“点类型”下拉列表中选择“之间”选项，选择点 1 和点 2 作为参考点，单击“中点”按钮，单击“确定”按钮，创建点 3（1），如图 3-7 所示。



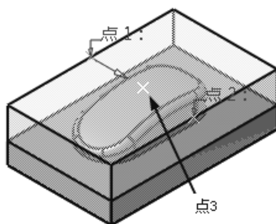


图 3-7　创建点 3（1）

● 双击“Part Operation.1”节点，返回加工模块。

3. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（1），如图 3-8 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（1），保持默认设置“3-axis Machine.1”，如图 3-9 所示。

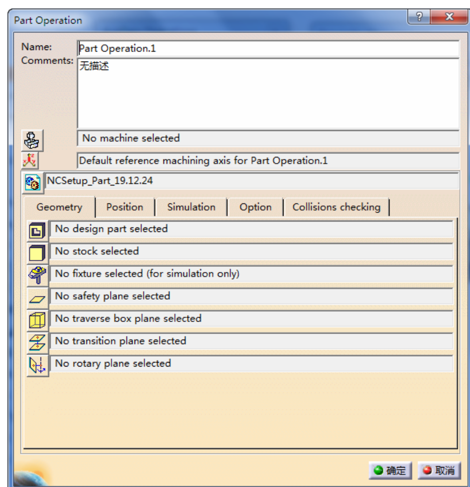


图 3-8　“Part Operation”对话框（1）

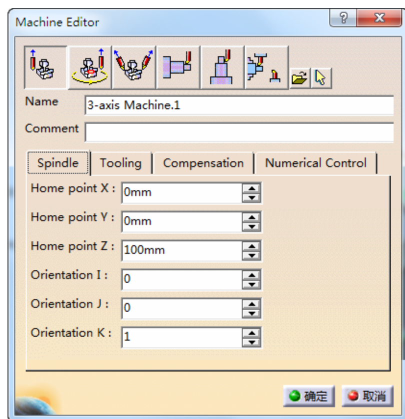


图 3-9　“Machine Editor”对话框（1）

3）定义加工坐标系（1），其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1），如图 3-10 所示。

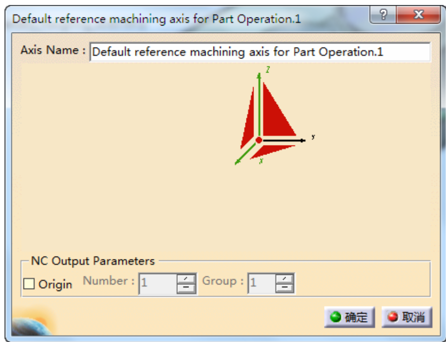


图 3-10 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 3-11 所示的点 3 作为坐标原点，定义加工坐标系（1）如图 3-11 所示。

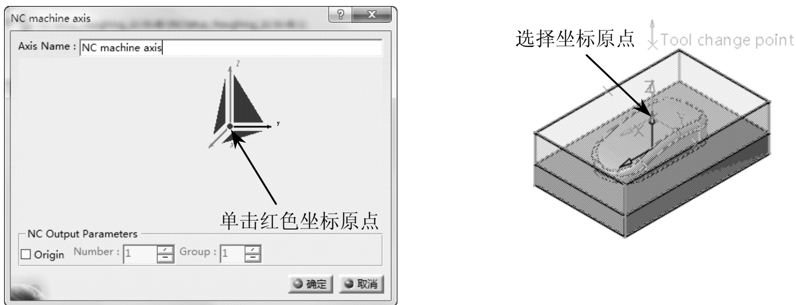


图 3-11 定义加工坐标系（1）

4）定义目标加工零件（1）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 3-12 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（1）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 3-13 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

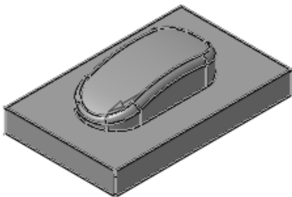


图 3-12 定义目标加工零件（1）

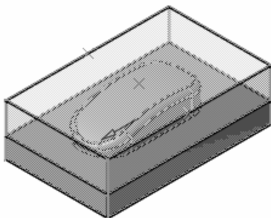


图 3-13 定义毛坯零件（1）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示 “Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面（1）如图 3-14 所示。

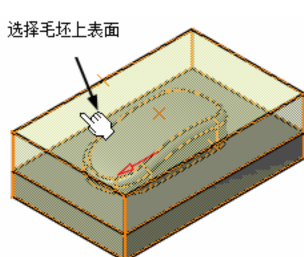


图 3-14　创建安全平面（1）

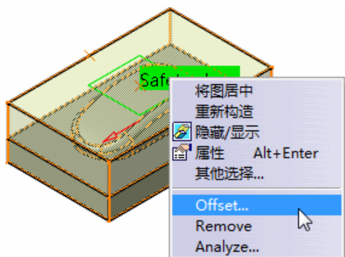


图 3-15　快捷菜单（1）

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（1）中选择“Offset”命令，如图 3-15 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“30”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（1），如图 3-16 所示。

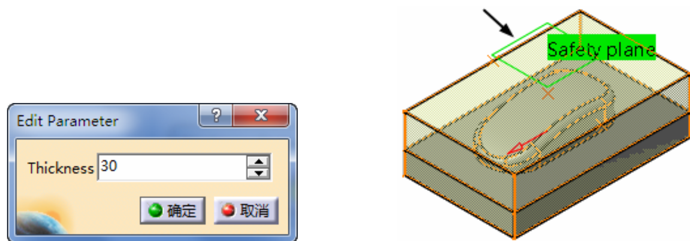


图 3-16　创建的安全平面（1）

4. 等高线粗加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.1”对话框（1），如图 3-17 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（1）。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象如图 3-18 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量（1）。双击“Rough.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-19 所示。

● 定义检查余量（1）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-20 所示。

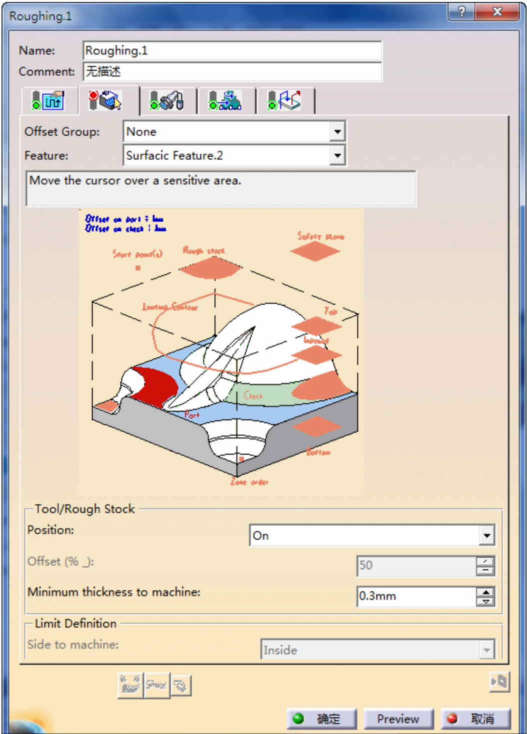


图 3-17 “Roughing.1”对话框（1）

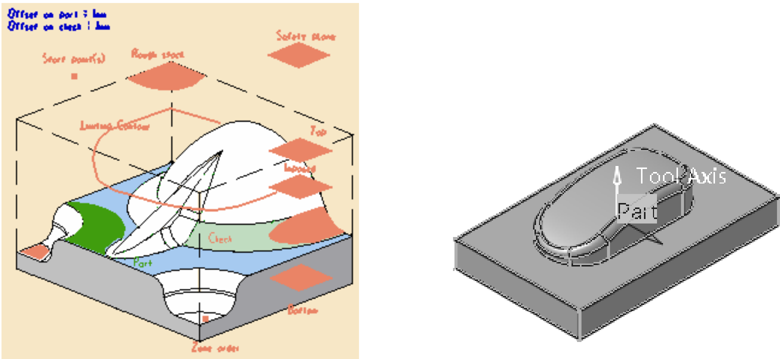


图 3-18 定义加工区域（1）

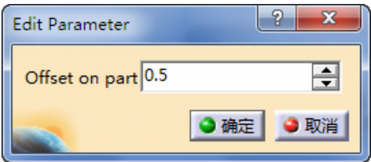


图 3-19 定义零件余量（1）

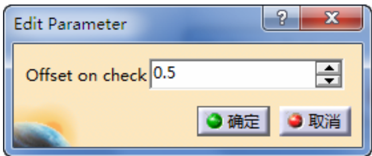


图 3-20 定义检查余量（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框（1）中的，切换到刀具参数选项卡（1），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-21 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（1）如图 3-22 所示。

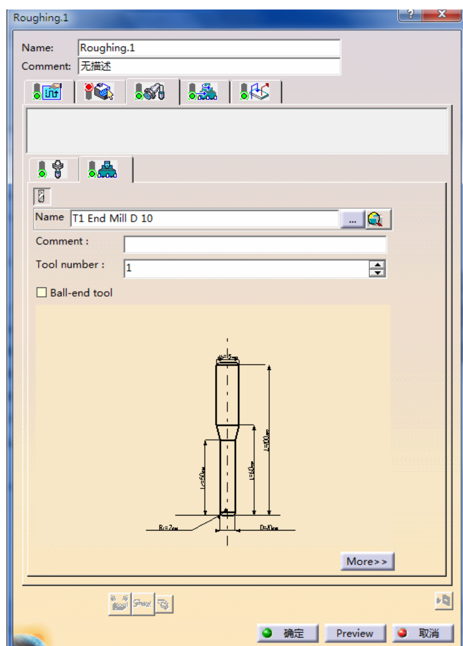


图 3-21　刀具参数选项卡（1）

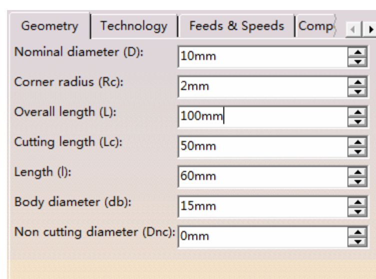


图 3-22　定义刀具参数（1）

3）定义刀具路径参数。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（1）的“Machine mode”下拉列表中选择“By Area”和“Outer part and pockets”选项，在“Tool path style”下拉列表中选择“Helical”选项，如图 3-23 所示。

● 在“Radial”选项卡（1）的“Stepover”下拉列表中选择“Overlap length”，在“Overlap length”文本框中输入“3mm”，如图 3-24 所示。

● 在“Axial”选项卡（1）的“Maximum cut depth”文本框中输入“2mm”，如图 3-25 所示。

4）定义进给率。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（1），如图 3-26 所示。

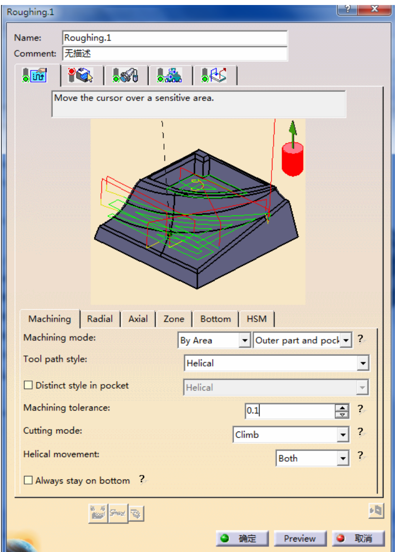


图 3-23 “Machining”选项卡（1）

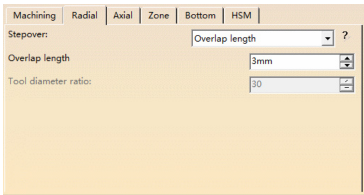


图 3-24 “Radial”选项卡（1）

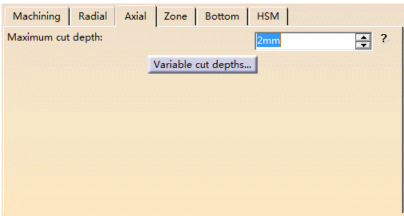


图 3-25 “Axial”选项卡（1）

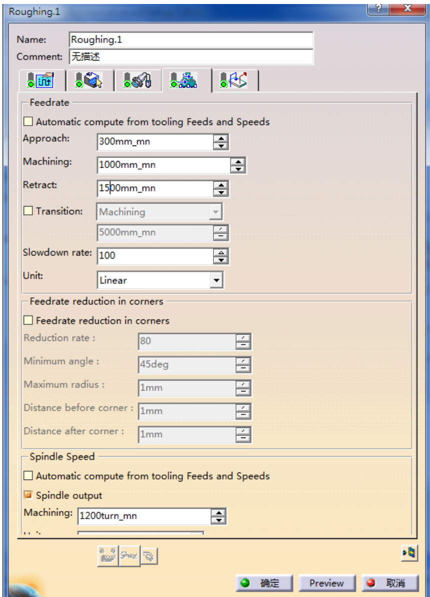


图 3-26 进给率参数选项卡（1）

5）定义进退刀路径。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡（1），具体设置如下：

- 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Automatic”，在“mode”下拉列表中选择“Ramping”，设置其他参数如图 3-27 所示。

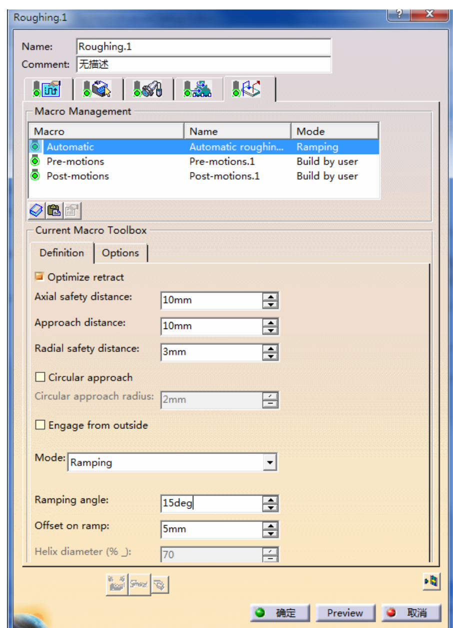


图 3-27　进刀、退刀路径选项卡（1）

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置“Pre-motions”（1），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-28 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置“Post-motions”（1），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-29 所示。

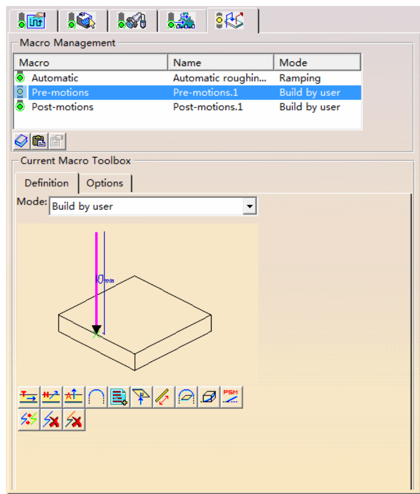


图 3-28　设置“Pre-motions”（1）

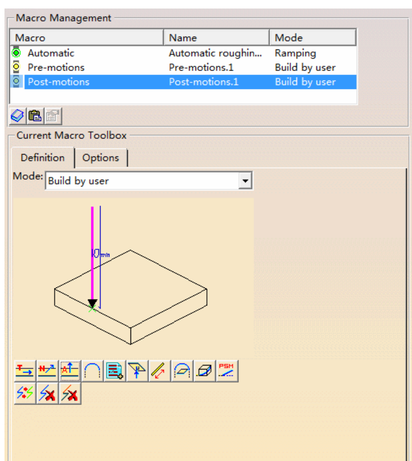


图 3-29　设置“Post-motions”（1）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（1），如图 3-30 所示。

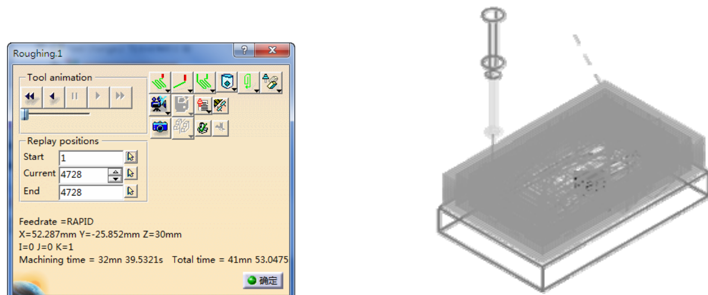


图 3-30 刀具路径轨迹（1）

● 单击图 3-30 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（1），如图 3-31 所示。

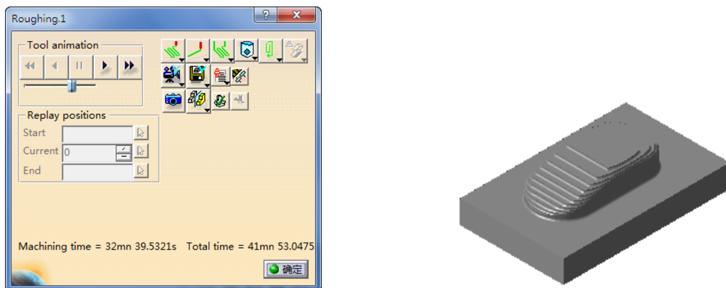


图 3-31 实体切削仿真（1）

5. 先进精加工（半精加工）

在特征树中选择“Roughing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Advanced Finishing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Advanced Finishing 按钮，弹出“Advanced Finishing.1”对话框（1），如图 3-32 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（2），单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-33 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量（2）。双击“Advanced Finishing .1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如图 3-34 所示。

● 定义检查余量（2）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如图 3-35 所示。

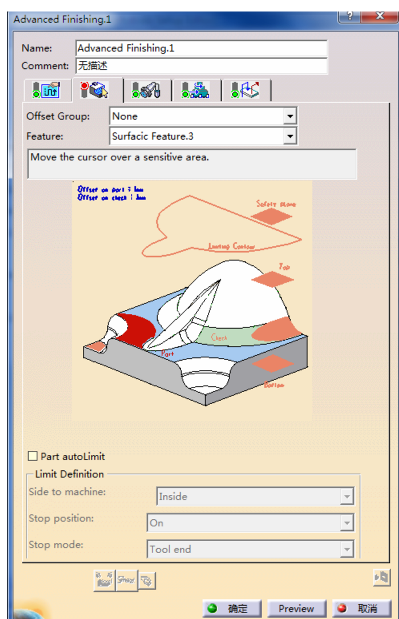


图 3-32 “Advanced Finishing.1”对话框（1）

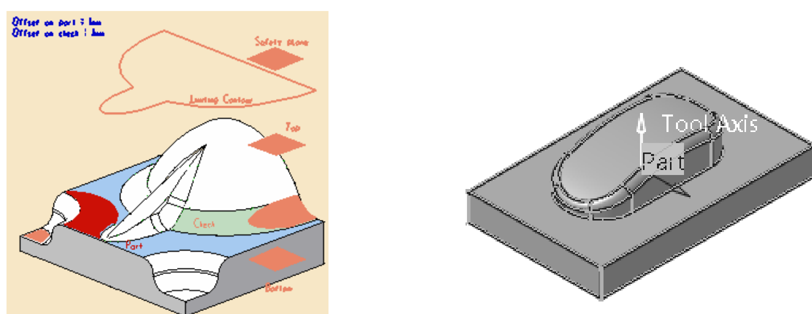


图 3-33 定义加工区域（2）

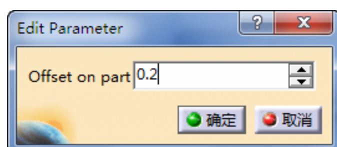


图 3-34 定义零件余量（2）

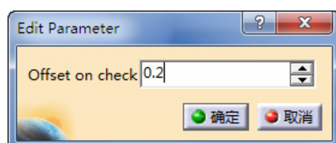


图 3-35 定义检查余量（2）

● 单击“边界感应区”，选择如图 3-36 所示边线作为加工边界，双击空白处返回，设置边界（1）如图 3-36 所示。

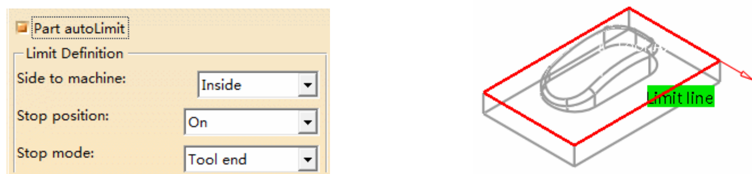


图 3-36　设置边界（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（2），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D6”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-37 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（2）如图 3-38 所示。

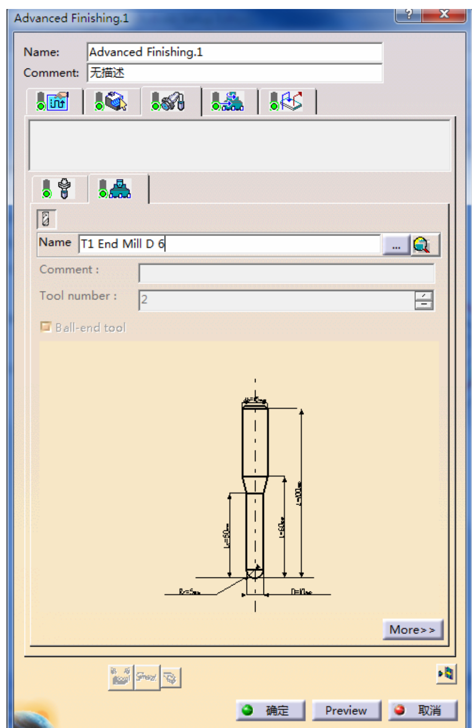


图 3-37　刀具参数选项卡（2）

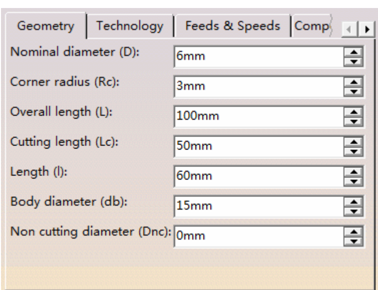


图 3-38　定义刀具参数（2）

3）定义刀具路径参数。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Machining”选项卡（2），在“Machine tolerance”文本框中输入

"0.05mm"，在"Cutting mode"下拉列表中选择"Climb"选项，如图 3-39 所示。

● 在"Zone"选项卡（1）的"Max.horizontal slope"文本框中输入"10deg"，在"Distance between pass"文本框中输入"1mm"，如图 3-40 所示。

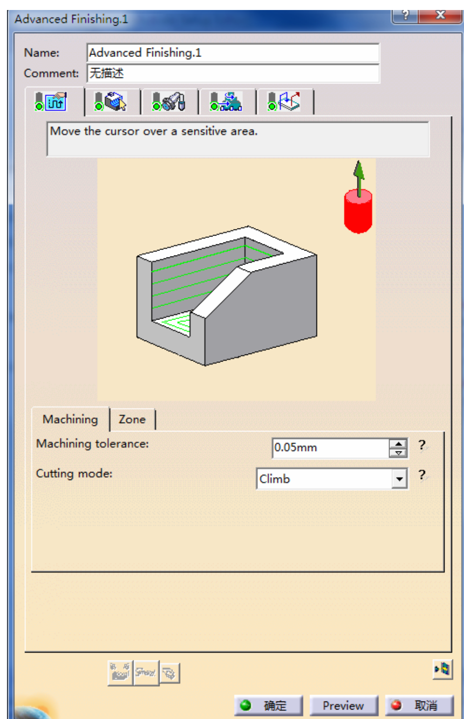


图 3-39 "Machining"选项卡（2）

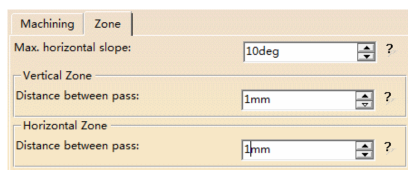


图 3-40 "Zone"选项卡（1）

4）定义进给率。单击"Advanced Finishing.1"对话框中的，切换到进给率参数选项卡（2），如图 3-41 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击"Advanced Finishing.1"对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在"Macro Management"区域的列表框中选择"Approach"，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在"mode"下拉列表中选择"Circular or ramping"，设置"Approach"参数（1）如图 3-42 所示。

● 在"Macro Management"区域的列表框中选择"Retract"，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在"mode"下拉列表中选择"Circular or ramping"，设置"Retract"参数（1）如图 3-43 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击"Advanced Finishing.1"对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出"Advanced Finish.1"对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（2），

如图 3-44 所示。

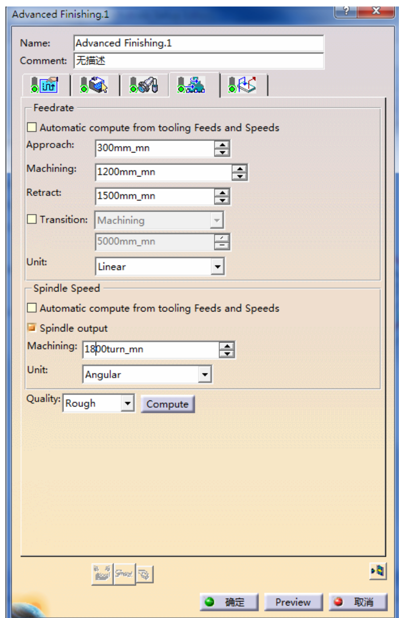


图 3-41　进给率参数选项卡（2）

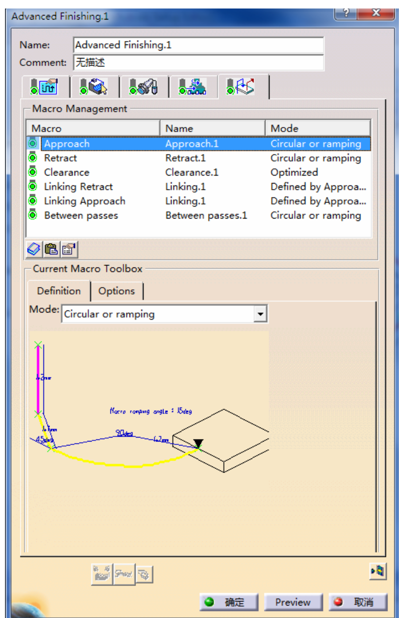


图 3-42　设置“Approach”参数（1）

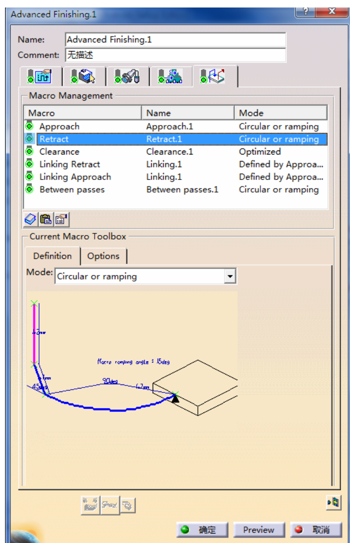


图 3-43　设置“Retract”参数（1）

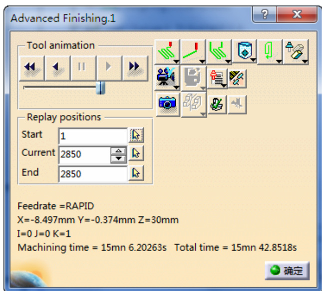


图 3-44　刀具路径轨迹（2）

● 单击图 3-44 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（2），如图 3-45 所示。

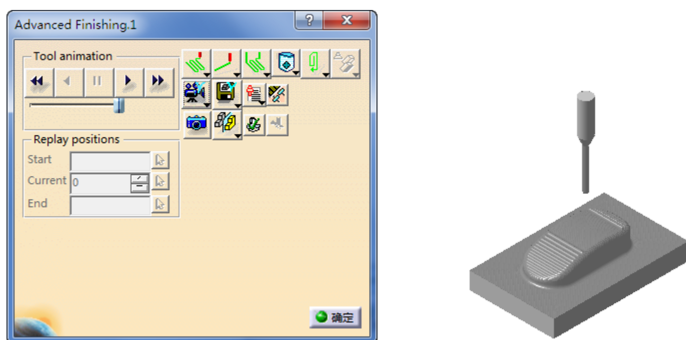


图 3-45　实体切削仿真（2）

6. 轮廓驱动精加工顶面

在特征树中选择“Advanced Finishing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Contour-driven”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Contour-driven 按钮，弹出“Contour-driven.1”对话框（1），如图 3-46 所示。

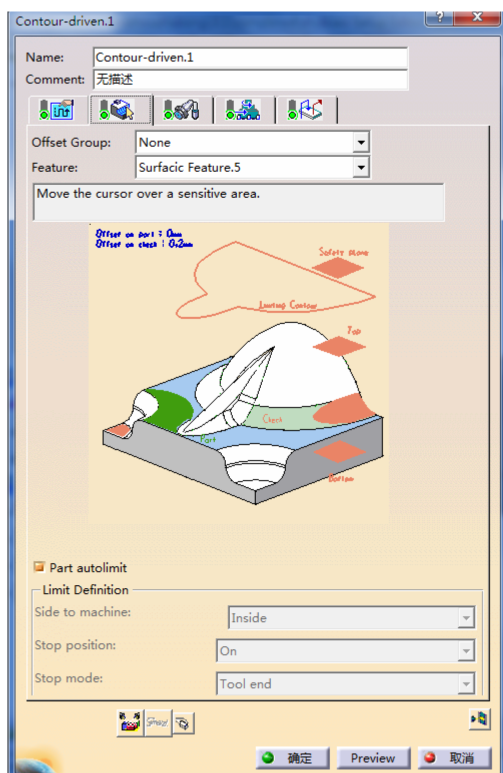


图 3-46　“Contour-driven.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（3）。单击“Contour-driven.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-47 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

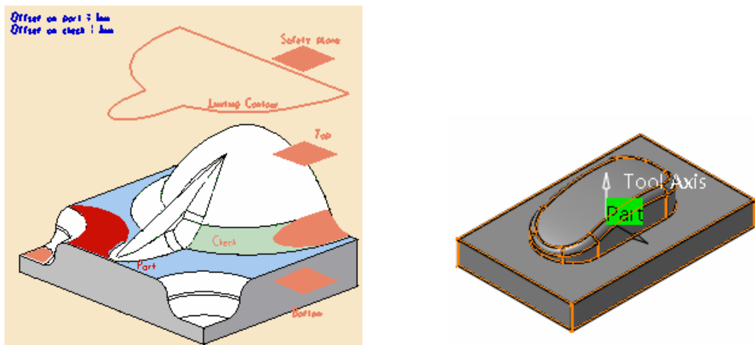


图 3-47 定义加工区域（3）

● 定义检查区域（1）。单击对话框中检查区域感应区，选择所有侧壁和分型面为检查对象，如图 3-48 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

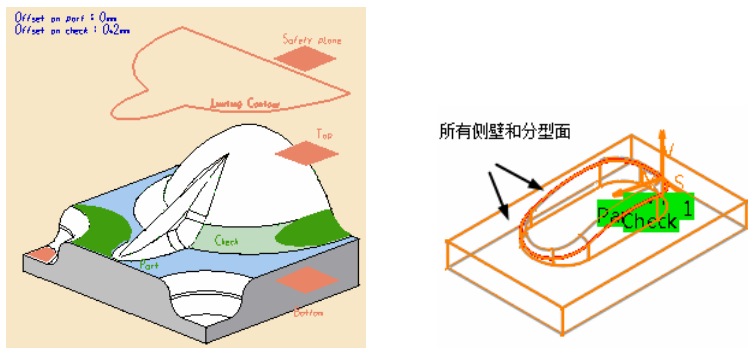


图 3-48 定义检查区域（1）

● 定义零件余量（3）。双击“Contour-driven.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-49 所示。

● 定义检查余量（3）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-50 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Contour-driven.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（3），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-51 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（3）如图 3-52 所示。

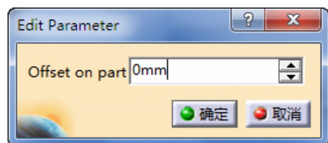


图 3-49　定义零件余量（3）

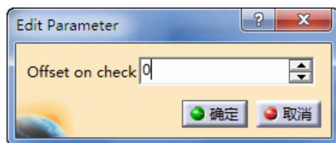


图 3-50　定义检查余量（3）

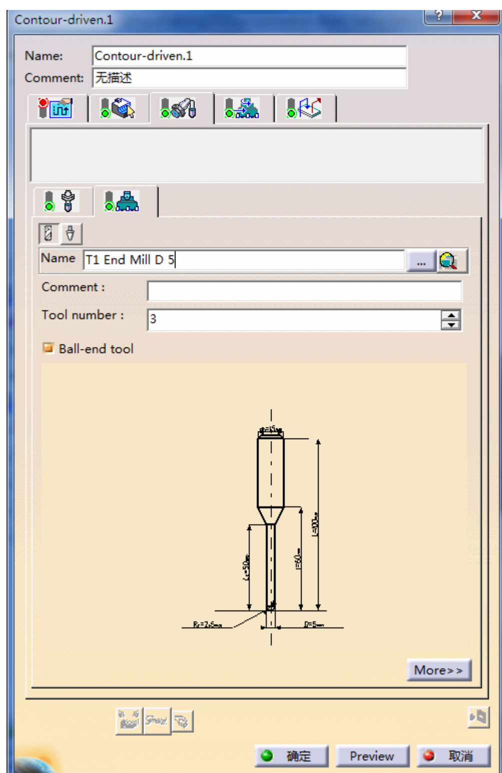


图 3-51　刀具参数选项卡（3）

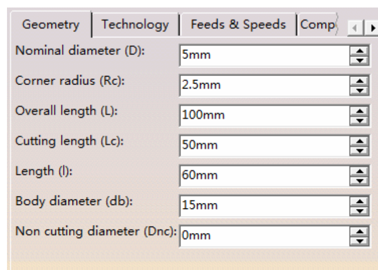


图 3-52　定义刀具参数（3）

3）定义刀具路径参数。单击“Contour-driven.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 选择引导线（1）。在“Guiding strategy”选项中选择“Parallel contour”单选按钮，单击“Guide 1”感应区，系统弹出“Edge Selection”工具栏，选择如图 3-53 所示的边线，双击空白处，返回“Contour-drive.1”对话框。

● 在“Machining”选项卡（3）的“Tool path style”下拉列表中选择“Zig-zag”选项，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-54 所示。

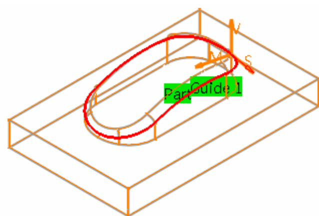


图 3-53　选择引导线（1）

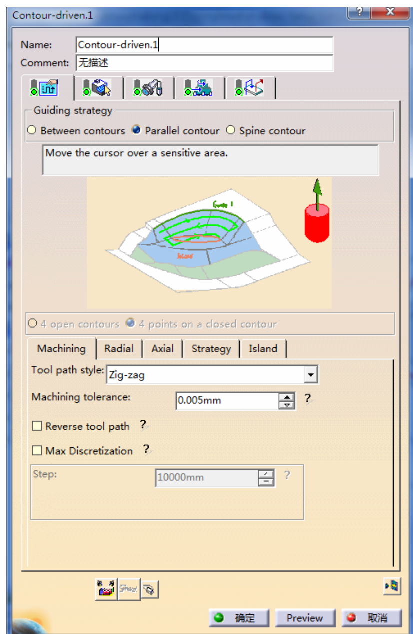


图 3-54　“Machining”选项卡（3）

● 在“Radial”选项卡（2）的“Stepover”下拉列表中选择“Constant 3D”，在“Distance between paths”文本框中输入“0.5mm”，如图 3-55 所示。

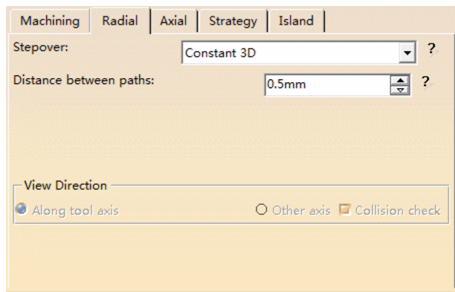


图 3-55　“Radial”选项卡（2）

● 在“Axial”选项卡（2）的“Multi-pass”下拉列表中选择“Number of levels and Maximum cut depth”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，在“Maximum cut depth”文本框中输入“0.3mm”，如图 3-56 所示。

● 在“Strategy”选项卡（1）的“Maximum width to machine”文本框中输入“60mm”，在“Stepover side”下拉列表中选择“Right”，在“Strategy side”下拉列表中选择“Both sides with same direction”选项，其他参数如图 3-57 所示。

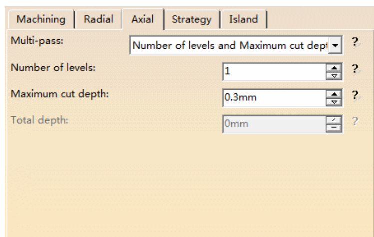


图 3-56　“Axial”选项卡（2）

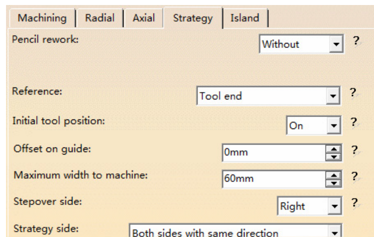


图 3-57　“Strategy”选项卡（1）

4）定义进给率。单击“Contour-driven.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），如图 3-58 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Contour-driven.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular”，设置“Approach”参数（2），如图 3-59 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Along tool axis”，设置“Activate”参数（2），如图 3-60 所示。

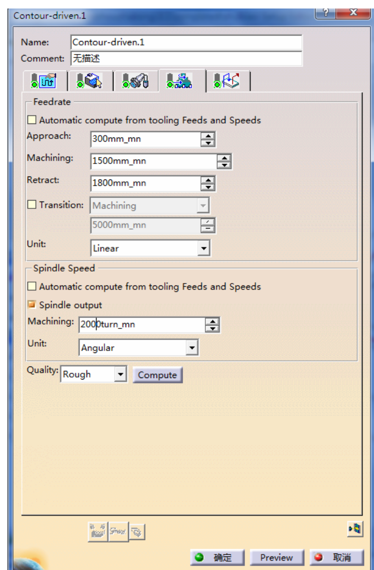


图 3-58　进给率参数选项卡（3）

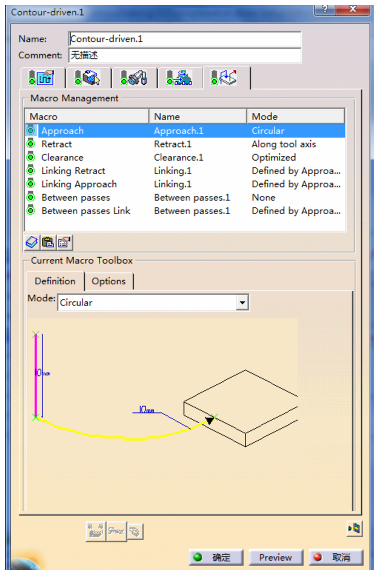


图 3-59　设置“Approach”参数（2）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Contour-driven.1”对话框（1）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Contour-driven.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（3），如图 3-61 所示。

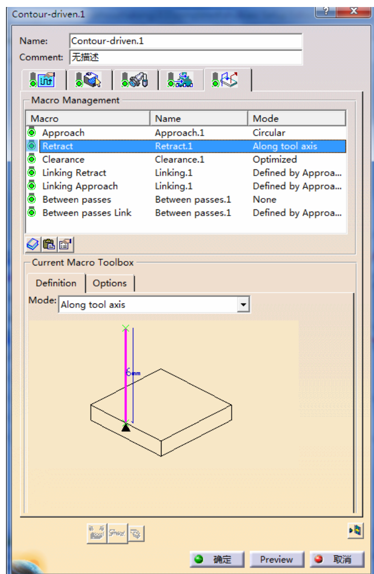


图 3-60　设置“Retract”参数（2）

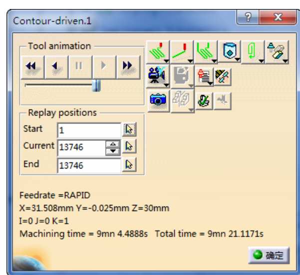


图 3-61　刀具路径轨迹（3）

● 单击图 3-61 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（3），如图 3-62 所示。

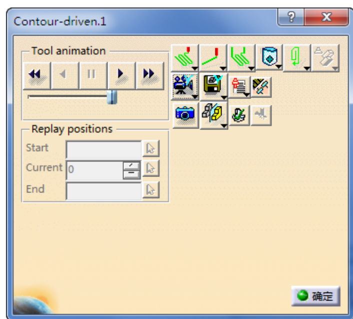


图 3-62　实体切削仿真（3）

7. **等高线精加工侧壁**

在特征树中选择“Contour Driven.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“ZLevel”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 ZLevel 按钮，弹出“ZLevel.1”对话框（1），如图 3-63 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（4）。单击“ZLevel.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-64 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

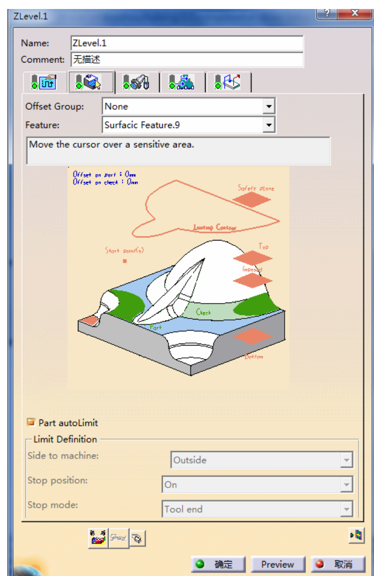


图 3-63　“ZLevel.1”对话框（1）

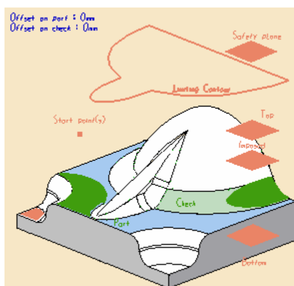
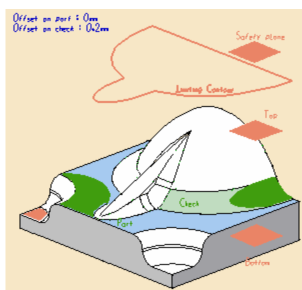


图 3-64　定义加工区域（4）

● 定义检查区域（2）。单击对话框中的检查区域感应区，选择顶面和圆角面为检查对象，如图 3-65 所示，在空白处双击鼠标左键返回。



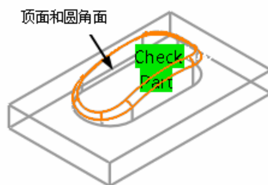


图 3-65　定义检查区域（2）

● 定义零件余量（4）。双击“ZLevel.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-66 所示。

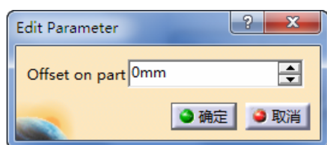


图 3-66　定义零件余量（4）

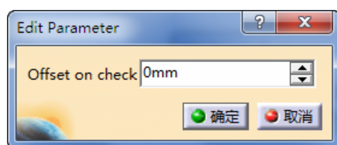


图 3-67　定义检查余量（4）

● 定义检查余量（4）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-67 所示。

2）定义刀具路径参数。单击“ZLevel.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（4）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，在“Cutting mode”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-68 所示。

● 在“Axial”选项卡（3）的“Stepover”下拉列表中选择“Via scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-69 所示。

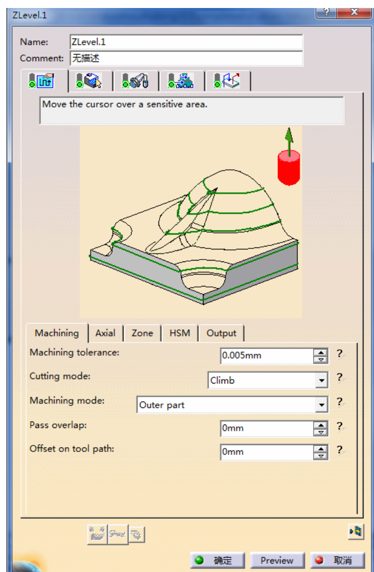


图 3-68 “Machining”选项卡（4）

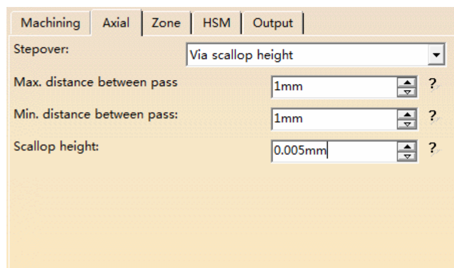


图 3-69 “Axial”选项卡（3）

3）定义进刀、退刀路径。单击“ZLevel.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Approach”参数（3）如图 3-70 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Retract”参数（3）如图 3-71 所示。

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“ZLevel.1”对话框（1）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“ZLevel.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（4），如图 3-72 所示。

● 单击图 3-72 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（4），如图 3-73 所示。

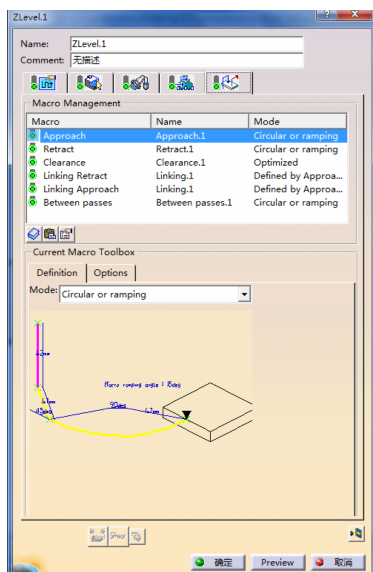


图 3-70　设置“Approach”参数（3）

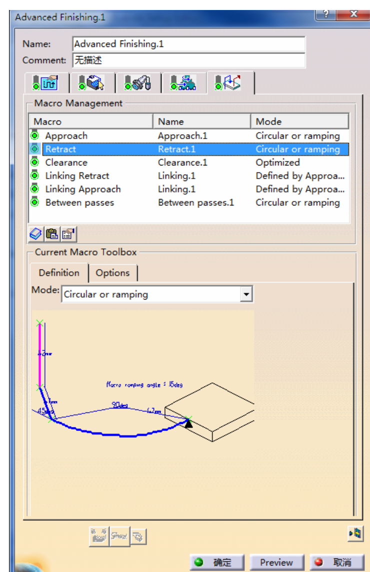
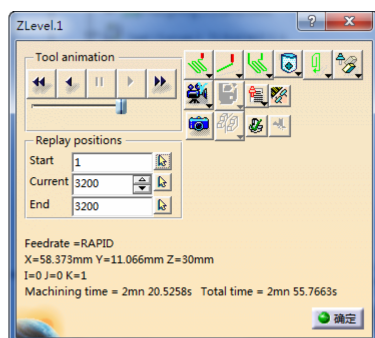


图 3-71　设置“Retract”参数（3）



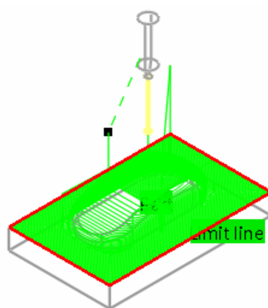
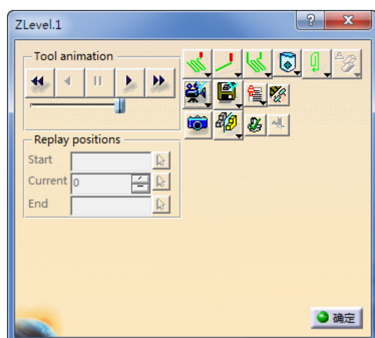


图 3-72　刀具路径轨迹（4）



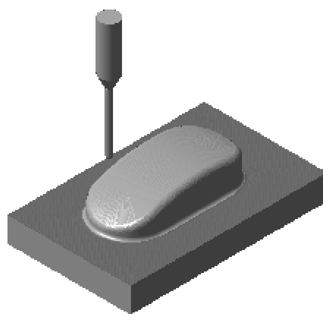


图 3-73　实体切削仿真（4）

8. **型腔铣削精加工分型面**

在特征树中选择“ZLevel.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Pocketing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Pocketing 按钮，弹出“Pocketing.1”对话框（1），如图 3-74 所示。

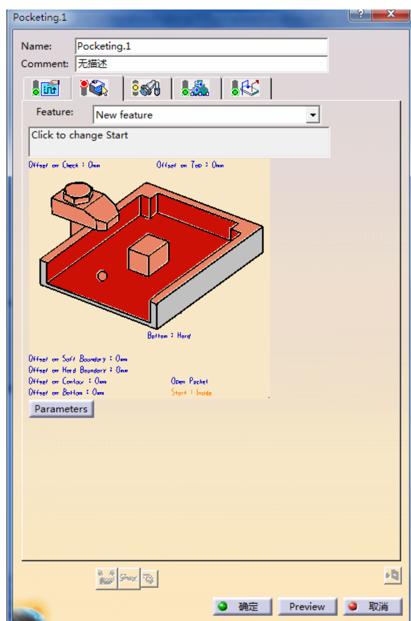


图 3-74 “Pocketing.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（5）。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的底面感应区，选择模型中的分型面作为加工对象，如图 3-75 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

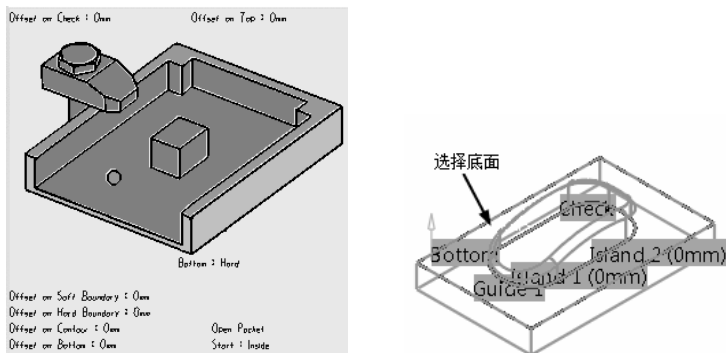


图 3-75 定义加工区域（5）

● 定义检查区域（3）。单击对话框中的检查区域感应区，选择顶面和圆角面、侧壁为检查对象，如图 3-76 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

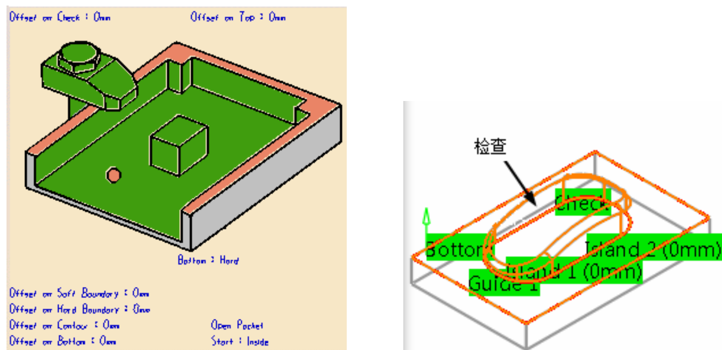


图 3-76　定义检查区域（3）

● 定义零件余量（5）。双击“Pocketing.1”对话框中的“Offset on bottom”标志，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-77 所示。

● 定义检查余量（5）。双击“Offset on Check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-78 所示。

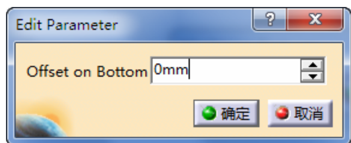


图 3-77　定义零件余量（5）

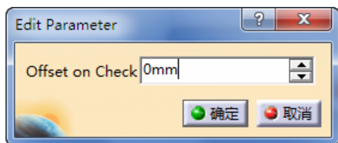


图 3-78　定义检查余量（5）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pocketing.1”对话框（1）中的图标，切换到刀具参数选项卡（4），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5R1”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-79 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（4）如图 3-80 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Pocketing.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（5）的“Tool path style”下拉列表中选择“Inward helical”，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，在“Direction of cut”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-81 所示。

● 在“Radial”选项卡（3）的“Mode”下拉列表中选择“Tool diameter ratio”，在“Percentage of tool diameter”文本框中输入“50”，如图 3-82 所示。

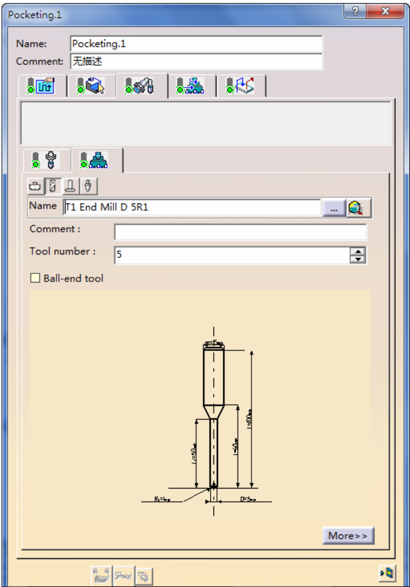


图 3-79　刀具参数选项卡（4）

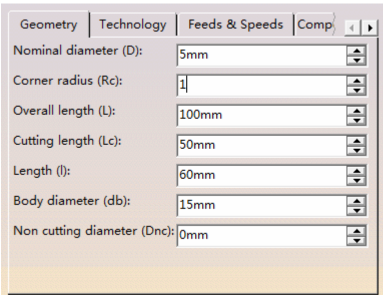


图 3-80　定义刀具参数（4）

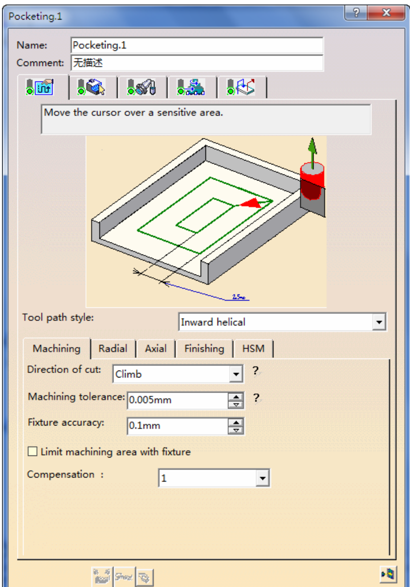


图 3-81　“Machining”选项卡（5）

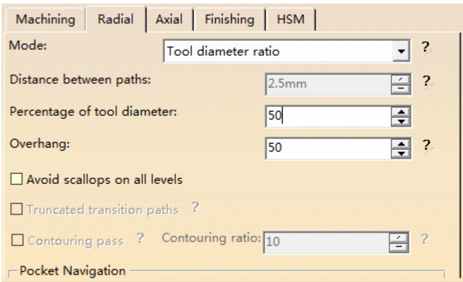


图 3-82　“Radial”选项卡（3）

● 在“Axial”选项卡（4）的“Mode”下拉列表中选择“Number of levels”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-83 所示。

4）定义进给率。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（4），如图 3-84 所示。

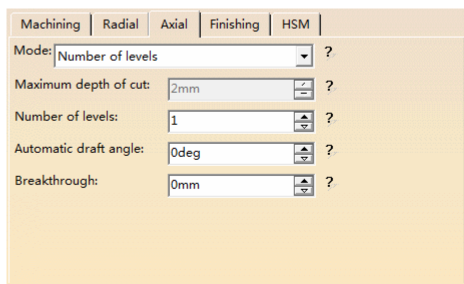


图 3-83　“Axial”选项卡（4）

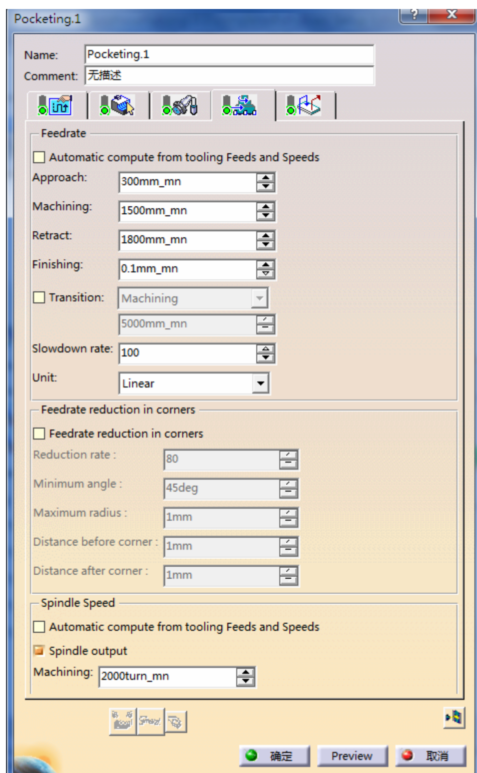


图 3-84　进给率参数选项卡（4）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（4）如图 3-85 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（4）如图 3-86 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pocketing.1”对话框（1）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Pocketing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（5），如图 3-87 所示。

● 单击图 3-87 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（5），如图 3-88 所示。

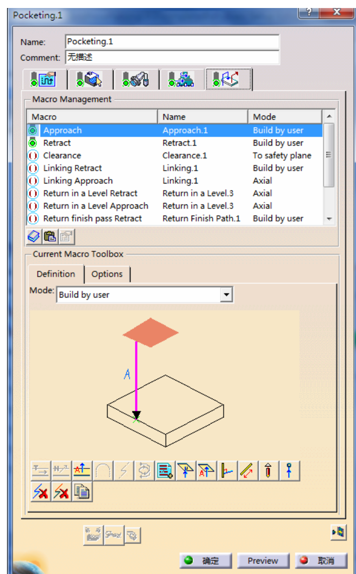


图 3-85　设置“Approach”参数（4）

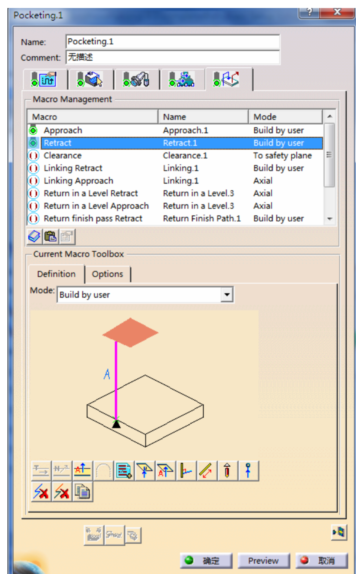
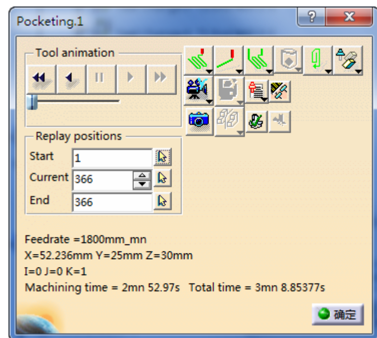


图 3-86　设置“Retract”参数（4）



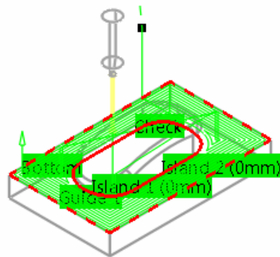
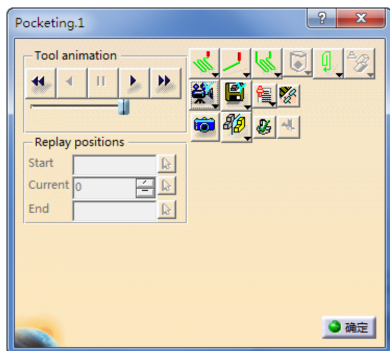


图 3-87　刀具路径轨迹（5）



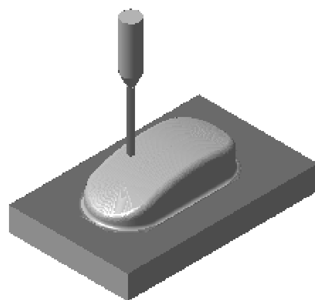


图 3-88　实体切削仿真（5）

7）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 3 章\3.1\completed\shubiao.CATProcess）。

3.1.5　实例总结

本节以鼠标凸模为例，讲解了 CATIA V5 R20 三轴数控铣削加工的一般方法和应用步骤，读者在学习过程中需要重点掌握 CATIA V5 R20 粗加工、半精加工和精加工技术。其中，粗加工是以最大的切削速度将毛坯中多余的材料去除，包括等高线粗加工、投影粗加工和插铣加工等。半精加工和精加工的加工方式相同，包括等高线精加工、投影精加工、轮廓驱动精加工、沿面精加工、螺旋精加工、先进精加工和清根加工等。

3.2　提高实例——泵盖凹模三轴数控铣削加工

3.2.1　实例描述

泵盖凹模如图 3-89 所示。该结构比较复杂，右侧为一个半圆柱凹腔，左侧有一个小圆柱凹槽，分型面为一个平面。材料为45 钢。工件底部安装在工作台上。

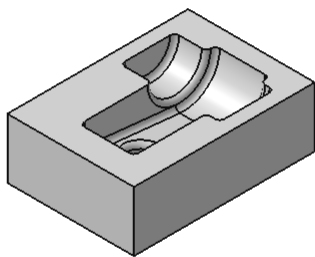


图 3-89　泵盖凹模

3.2.2　加工方法分析

泵盖凹模较为复杂，根据数控加工工艺原则，采用的工艺路线为粗加工→半精加工→精加工。具体内容如下：

1）粗加工。首先采用较大直径的刀具进行粗加工以便于去除大量多余留量，粗加工采用等高线粗加工的方法，刀具为ϕ10mm、R2mm 的圆角刀。

2）半精加工。利用半精加工来获得较为均匀的加工余量。半精加工采用先进精加工方式来加工所有表面。刀具为ϕ6mm 的球刀。

3）精加工。精加工采用分区加工。对于平分型面采用面铣方式刀具为ϕ20mm平底刀；采用先进精加工加工型腔面，刀具为ϕ5mm 球刀；倒圆角采用轮廓驱动精加工方式；陡峭腔槽侧面采用等高线精加工方式；而腔槽底面采用型腔铣方式。

3.2.3 加工流程与所用知识点

泵盖凹模数控加工的设计流程和知识点见表 3-2 所示。

表 3-2 泵盖凹模数控加工的设计流程和知识点

设计流程	知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	Safety plane machine axis
Step 4：等高线粗加工	等高线粗加工是以垂直于刀具 Z 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料，常用于粗加工中	

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 5： 先进精加工(半精加工)	先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工	
Step 6： 平面铣精加工分型面	平面铣用于对大面积的、没有任何曲面或凸台表面的零件粗、精加工	
Step 7： 先进精加工型腔面	先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工	
Step 8： 轮廓驱动精加工圆角	轮廓驱动精加工是以选择加工区域的轮廓线作为加工引导线来驱动刀具的运动，用于零件精加工	
Step 9： 等高线精加工腔槽侧面	等高线精加工是垂直于刀具轴线的平面切削零件，以加工表面生成刀具路径，精加工的余量为 0	
Step 10： 型腔铣削精加工腔槽底面	型腔铣削是利用刀具完成零件腔槽、底面和侧壁的加工	

3.2.4 具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“benggai.catpart”（随书光盘:\第 3 章\3.2\uncompleted\benggai.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（2）如图 3-90 所示。

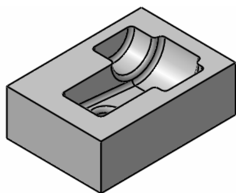


图 3-90 打开的模型文件（2）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2. 创建毛坯零件

1）单击“Geometry Management”工具栏上的“Creates rough stock”按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框（1），激活“Part body”编辑框，选择如图 3-90 所示的模型零件为目标加工零件。

2）在图形区，一个线框包围着整个零件，“Rough Stock”对话框（2）下部将显示毛坯尺寸，编辑相关尺寸如图 3-91 所示。

3）单击“Rough Stock”对话框（2）中的“确定”按钮，创建的毛坯零件（2），如图 3-92 所示。

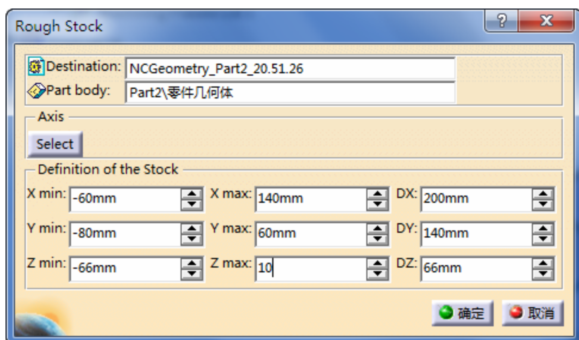


图 3-91 “Rough Stock”对话框（2）

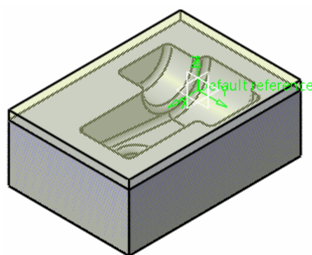


图 3-92 创建的毛坯零件（2）

3. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（2），如图 3-93 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（2），保持默认设置“3-axis Machine.1”，如图 3-94 所示。

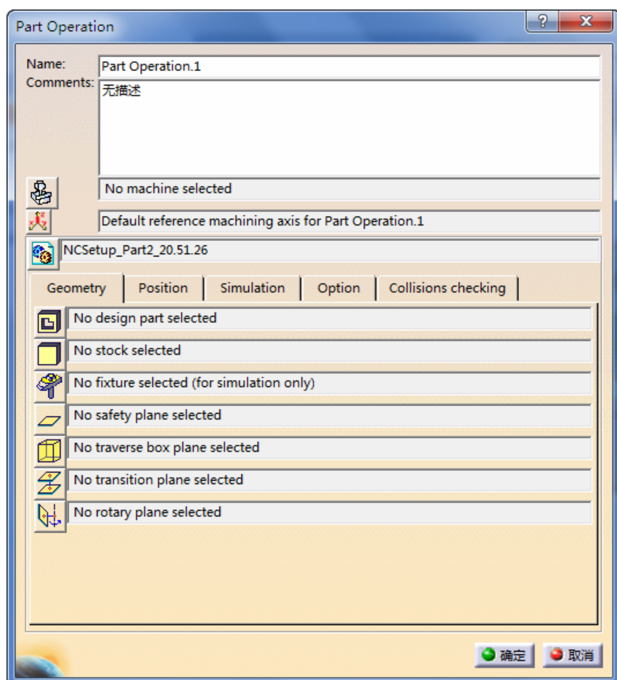


图 3-93　“Part Operation”对话框（2）

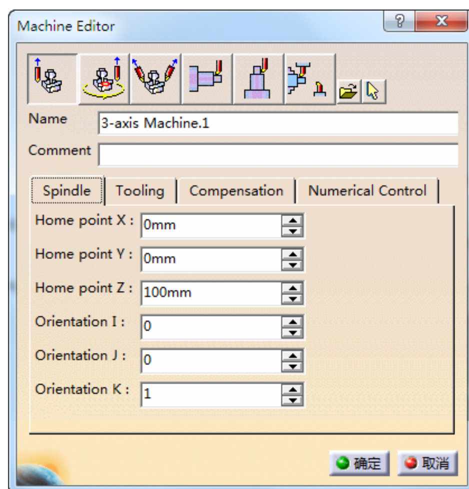


图 3-94　“Machine Editor”对话框（2）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2），如图 3-95 所示。

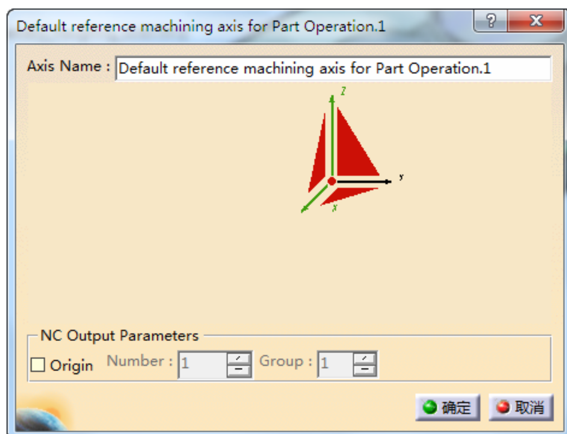


图 3-95 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，定义加工坐标系（2）如图 3-96 所示，接收系统默认坐标系，单击“确定”按钮。

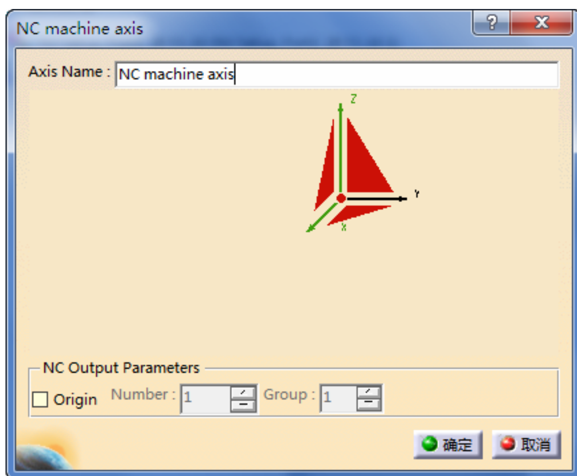


图 3-96 定义加工坐标系（2）

4）定义目标加工零件（2）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 3-97 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（2）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 3-98 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

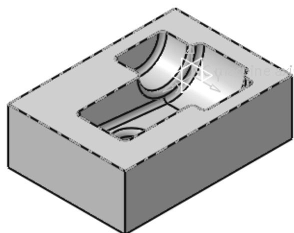


图 3-97　定义目标加工零件（2）

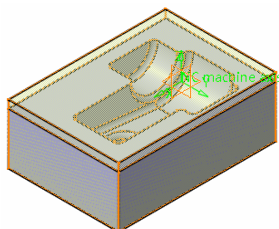


图 3-98　定义毛坯零件（2）

6）创建安全平面，其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面（2）如图 3-99 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（2）中选择“Offset”命令，如图 3-100 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“30”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（2）如图 3-101 所示。

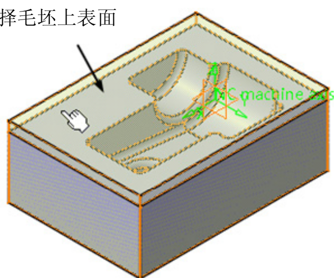


图 3-99　创建安全平面（2）

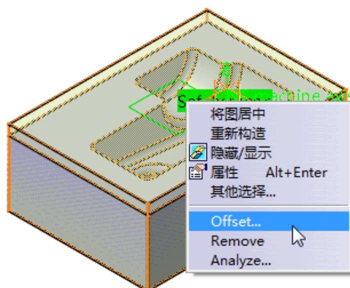
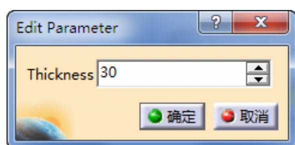


图 3-100　快捷菜单（2）



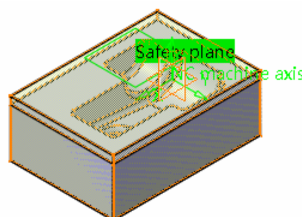


图 3-101　创建的安全平面（2）

4．**等高线粗加工**

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.1”对话框（2），如图 3-102 所示。

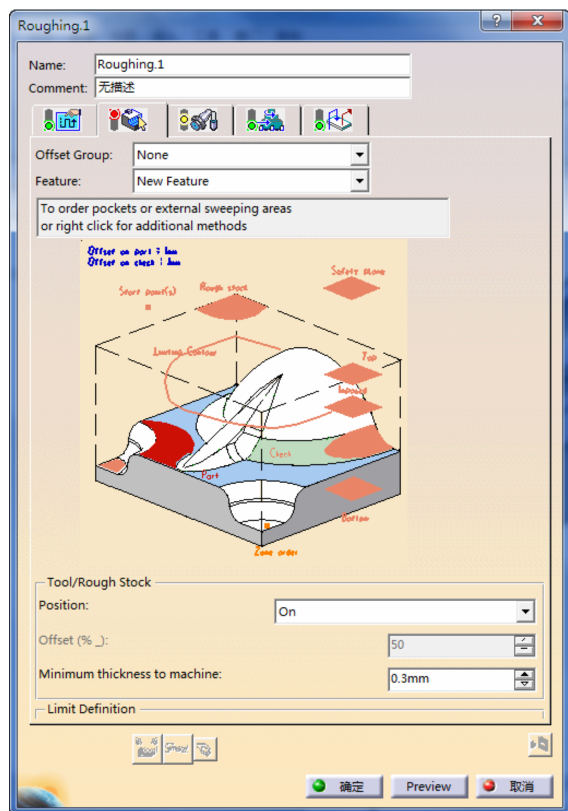


图 3-102 “Roughing.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（6）。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-103 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

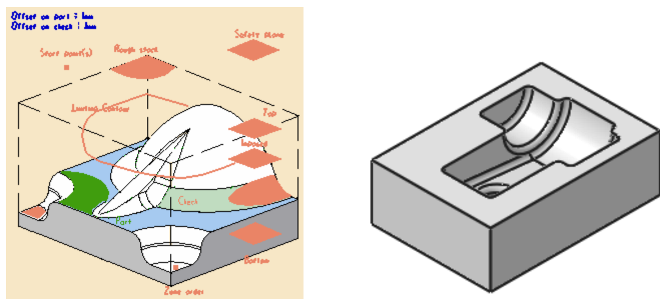


图 3-103 定义加工区域（6）

● 定义零件余量（6）。双击“Roughing.1”对话框中的“Offset on part”，

弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-104 所示。

● 定义检查余量（6）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-105 所示。

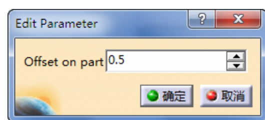


图 3-104　定义零件余量（6）

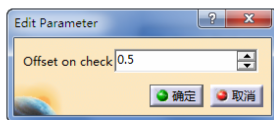


图 3-105　定义检查余量（6）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的图标，切换到刀具参数选项卡（5），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-106 所示。

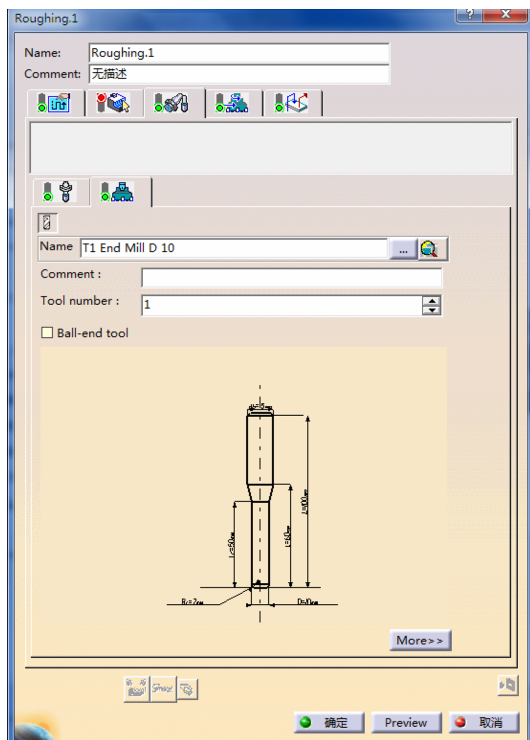


图 3-106　刀具参数选项卡（5）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（5）如图 3-107 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Roughing.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（6）的“Machine mode”下拉列表中选择“By Area”和“Outer part and pockets”选项，在“Tool path style”下拉列表中选择“Helical”选项，如图 3-108 所示。

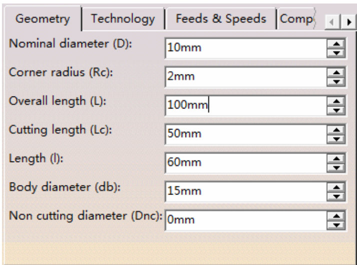


图 3-107 定义刀具参数（5）

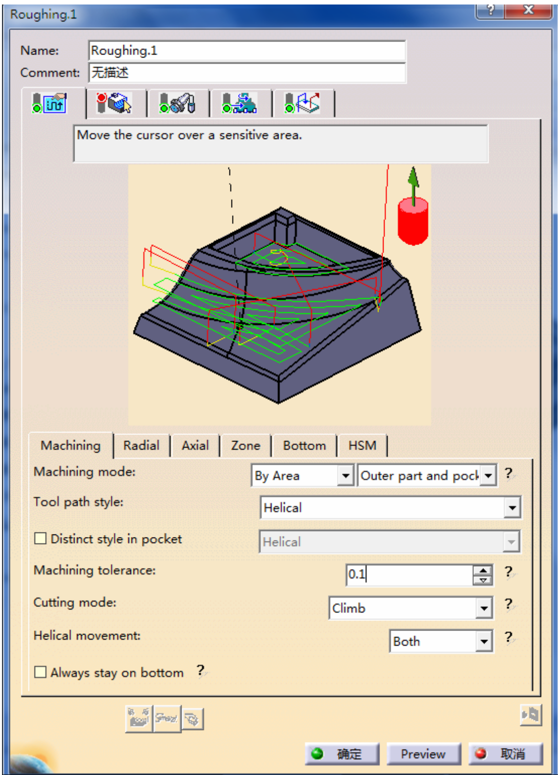


图 3-108 “Machining”选项卡（6）

● 在“Radial”选项卡（4）的“Stepover”下拉列表中选择“Overlap ratio”，在“Tool diameter ratio”文本框中输入“50”，如图 3-109 所示。

● 在“Axial”选项卡（5）的“Maximum cut depth”文本框中输入“3”mm，如图 3-110 所示。

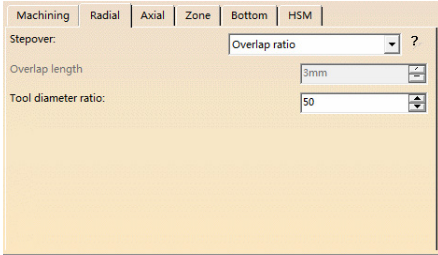


图 3-109 “Radial”选项卡（4）

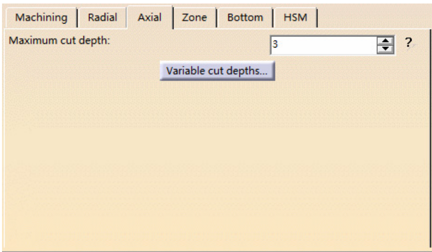


图 3-110 “Axial”选项卡（5）

4）定义进给率。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（5），如图 3-111 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡（2），具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Automatic”，在“mode”下拉列表中选择“Ramping”，设置其他参数如图 3-112 所示。

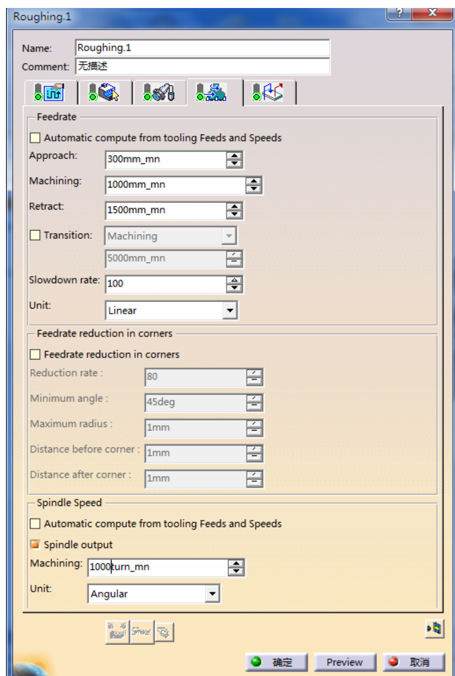


图 3-111　进给率参数选项卡（5）

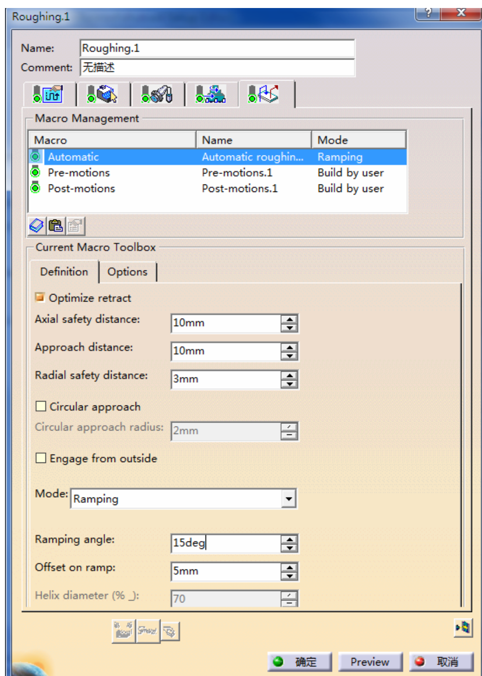


图 3-112　进刀、退刀路径选项卡（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置“Pre-motions”（2），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-113 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置“Post-motions”（2），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-114 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（6），如图 3-115 所示。

● 单击图 3-115 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（6），如图 3-116 所示。

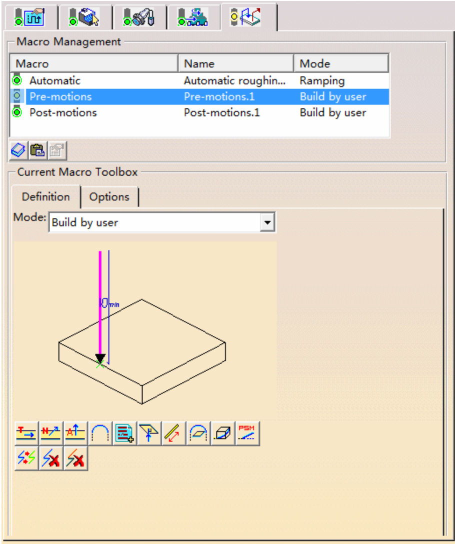


图 3-113　设置“Pre-motions”（2）

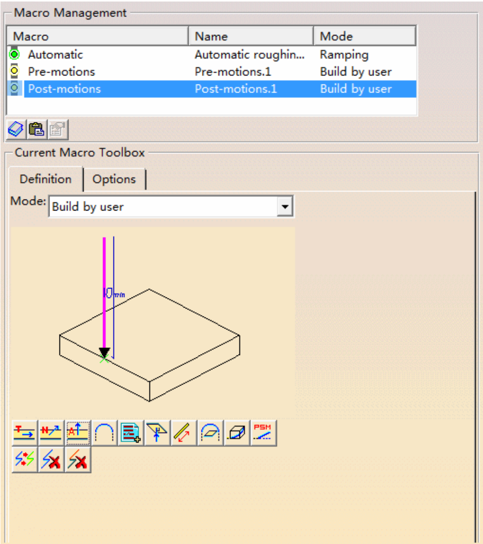
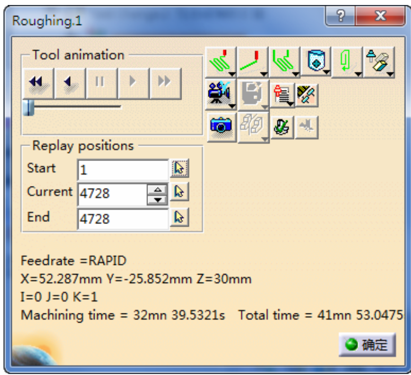


图 3-114　设置“Post-motions”（2）



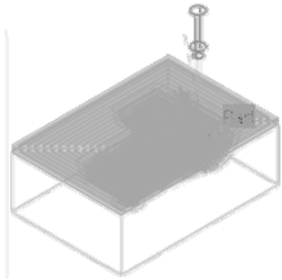
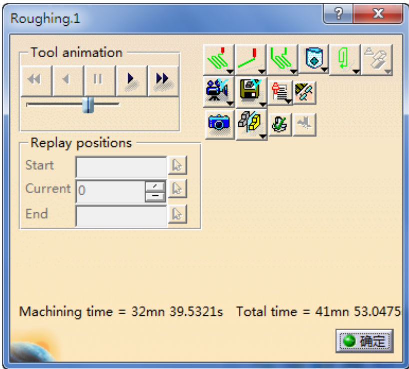


图 3-115　刀具路径轨迹（6）



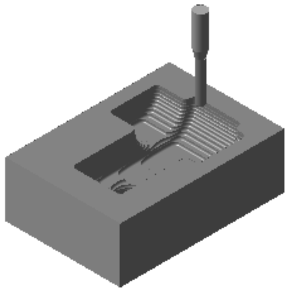


图 3-116　实体切削仿真（6）

5．先进精加工（半精加工）

在特征树中选择“Roughing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Advanced Finishing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Advanced Finishing 按钮，弹出“Advanced Finishing.1”对话框（2），如图 3-117 所示。

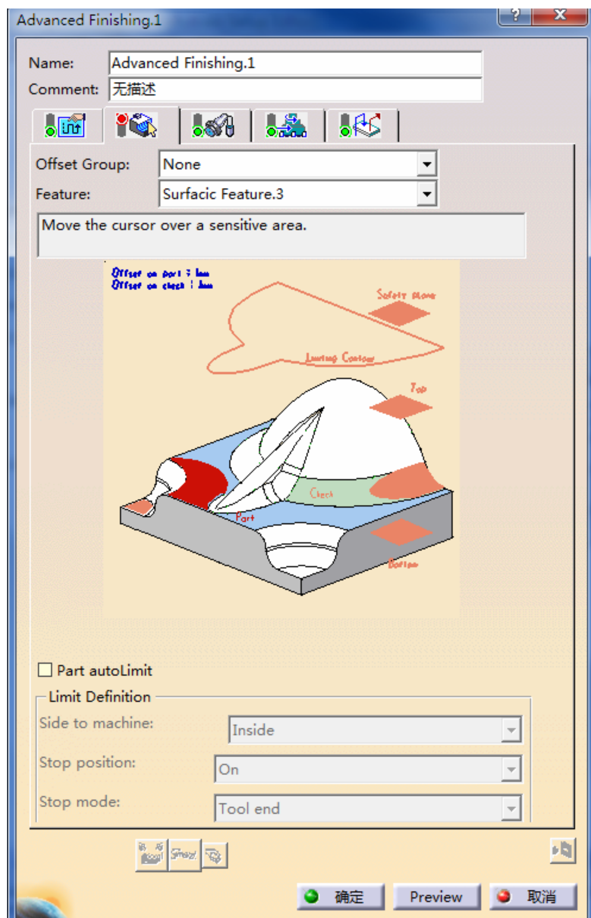


图 3-117　“Advanced Finishing.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（7）。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-118 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量（7）。双击“Advanced Finishing.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如

图 3-119 所示。

● 定义检查余量（7）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如图 3-120 所示。

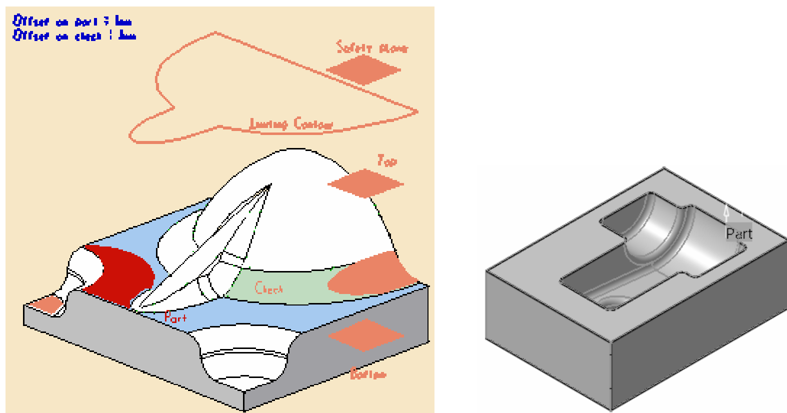


图 3-118 定义加工区域（7）

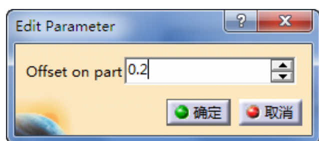


图 3-119 定义零件余量（7）

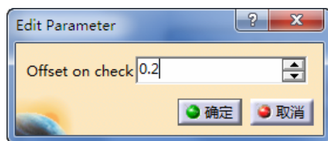
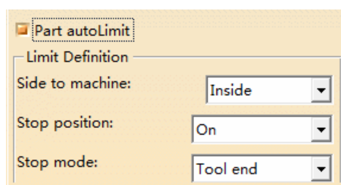


图 3-120 定义检查余量（7）

● 单击“边界感应区”，选择如图 3-121 所示边线作为加工边界，双击空白处返回，设置边界（2）如图 3-121 所示。



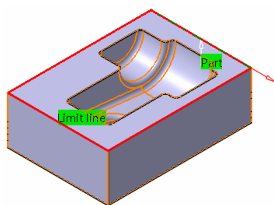


图 3-121 设置边界（2）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（6），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D6”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-122 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（6）如图 3-123 所示。

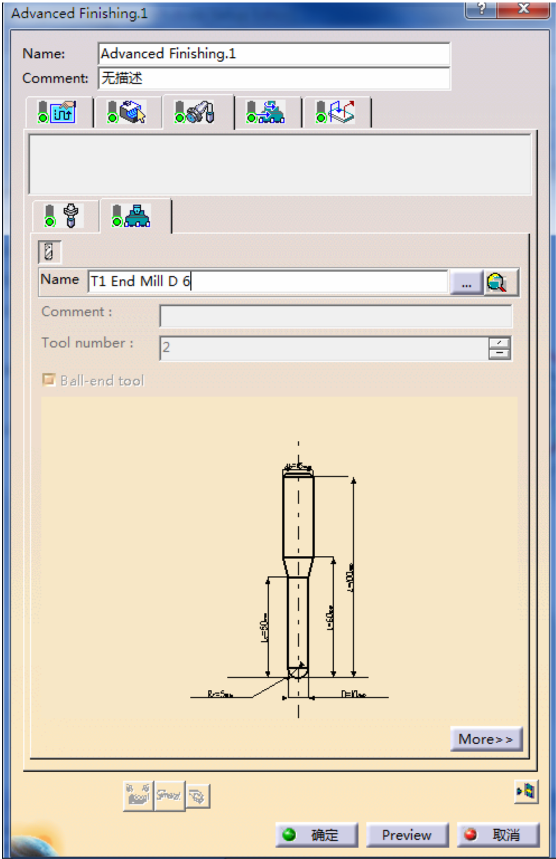


图 3-122　刀具参数选项卡（6）

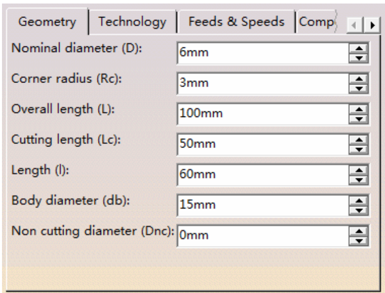


图 3-123　定义刀具参数（6）

3）定义刀具路径参数。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（7）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，在“Cutting mode”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-124 所示。

● 在“Zone”选项卡（2）的“Max. horizontal slope”文本框中输入“15deg”，在“Vertical Zone”选项下的“Distance between pass”文本框中输入“1mm”，在“Horizontal Zone”选项下的“Distance between pass”文本框中输入“0.2”mm，如图 3-125 所示。

4）定义进给率。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（6），如图 3-126 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Approach”参数（5）如图 3-127 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Retract”参数（5）如图 3-128 所示。

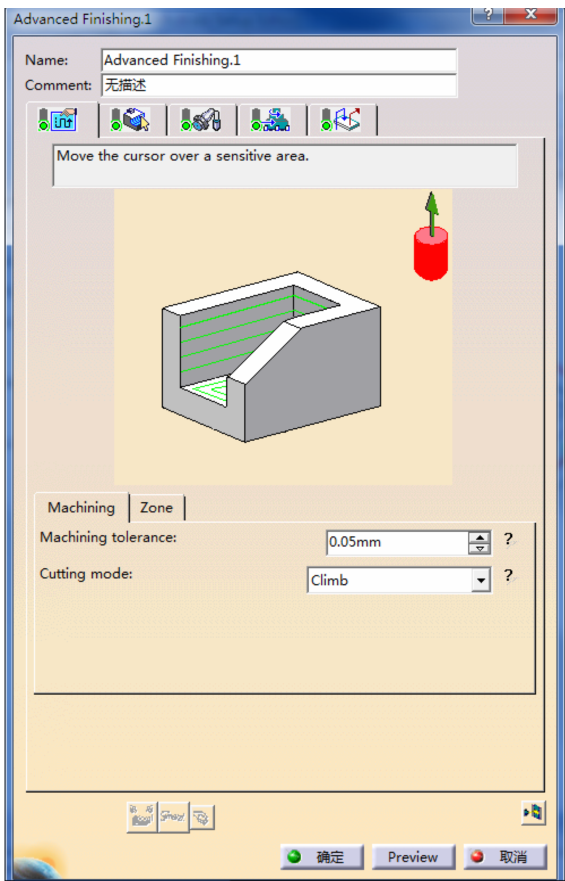


图 3-124 “Machining”选项卡（7）

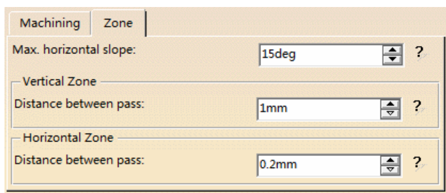


图 3-125 “Zone”选项卡（2）

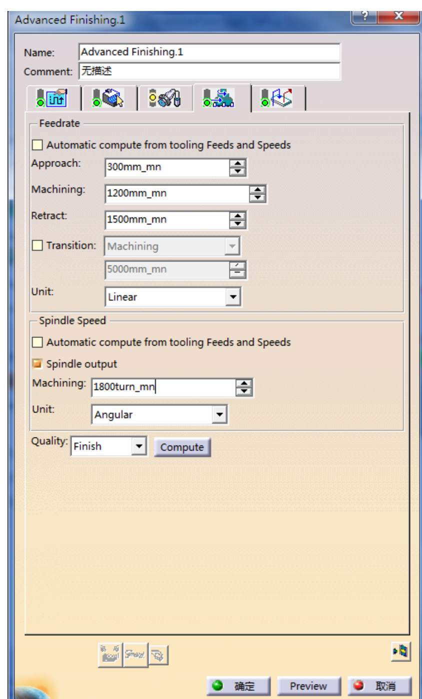


图 3-126　进给率参数选项卡（6）

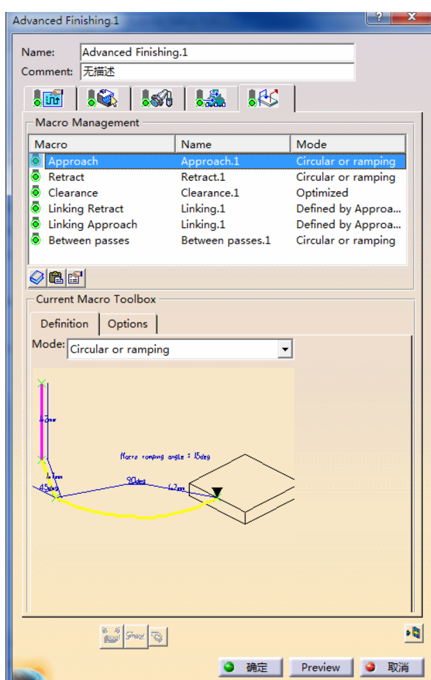


图 3-127　设置“Approach”参数（5）

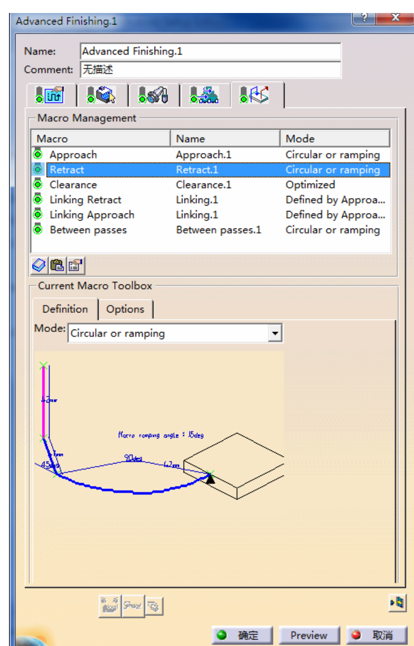
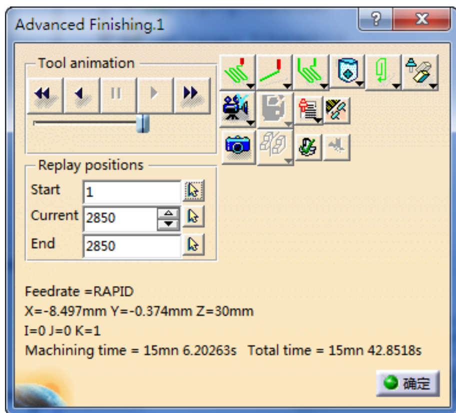


图 3-128　设置“Retract”参数（5）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.1”对话框（2）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Advanced Finish.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（7），如图 3-129 所示。



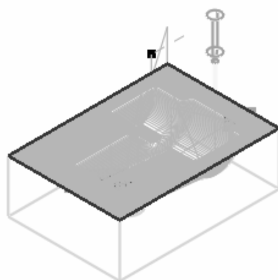
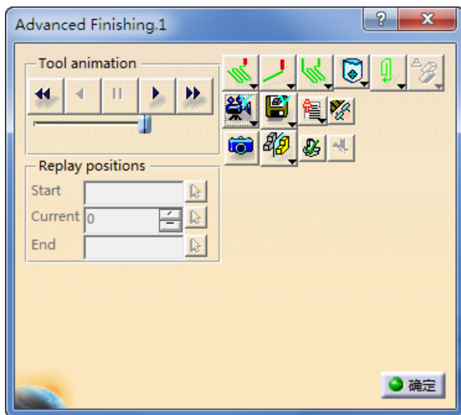


图 3-129　刀具路径轨迹（7）

● 单击图 3-130 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（7），如图 3-130 所示。



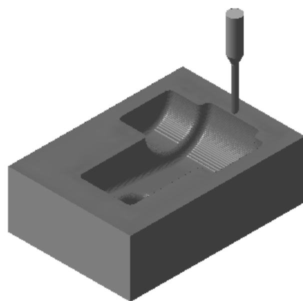


图 3-130　实体切削仿真（7）

6. **平面铣精加工分型面**

1）切换控制台。选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Prismatic Machining”命令，进入“Prismatic Machining”二维加工环境。

2）在特征树中选择“Advanced Finishing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Facing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Facing 按钮，弹出“Facing.1”对话框，如图 3-131 所示。

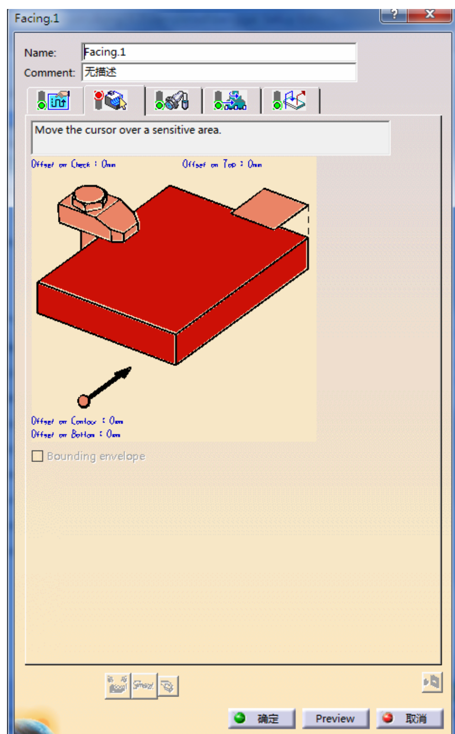


图 3-131　“Facing.1”对话框

3）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（8）。单击“Facing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的底面感应区，选择模型中的分型面作为加工对象，如图 3-132 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

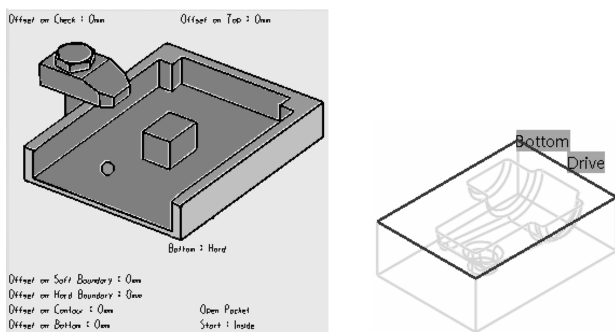


图 3-132　定义加工区域（8）

● 定义零件余量（8）。双击“Facing.1”对话框中的“Offset on Contour”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-133 所示。

● 定义检查余量（8）。双击“Offset on Bottom”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-134 所示。

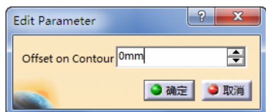


图 3-133　定义零件余量（8）

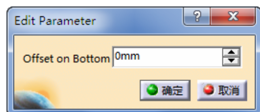


图 3-134　定义检查余量（8）

4）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Facing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（7），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D20”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-135 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（7）如图 3-136 所示。

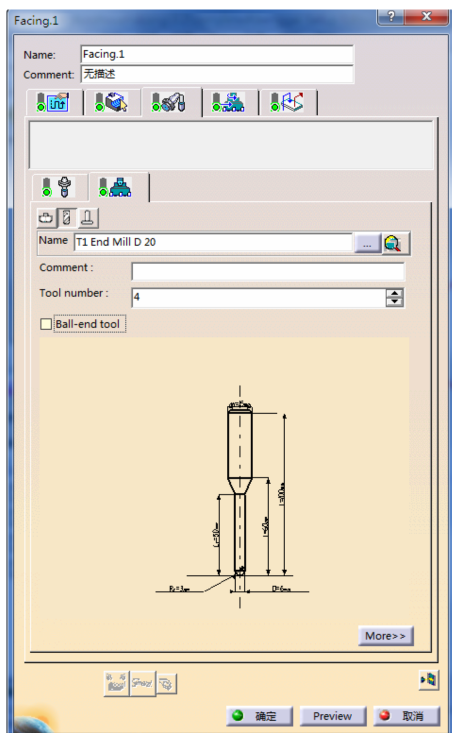


图 3-135　刀具参数选项卡（7）

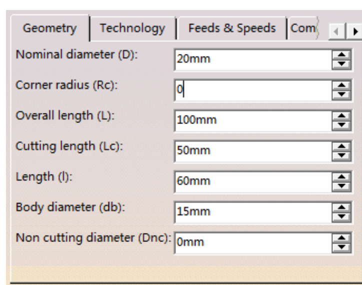


图 3-136　定义刀具参数（7）

5）定义刀具路径参数。单击“Facing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（8）的“Tool path style”下拉列表中选择“Inward helical”，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.005”mm，在“Direction of cut”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-137 所示。

● 在“Radial”选项卡（5）的“Mode”下拉列表中选择“Tool diameter ratio”，在“Percentage of tool diameter”文本框中输入“50”，如图 3-138 所示。

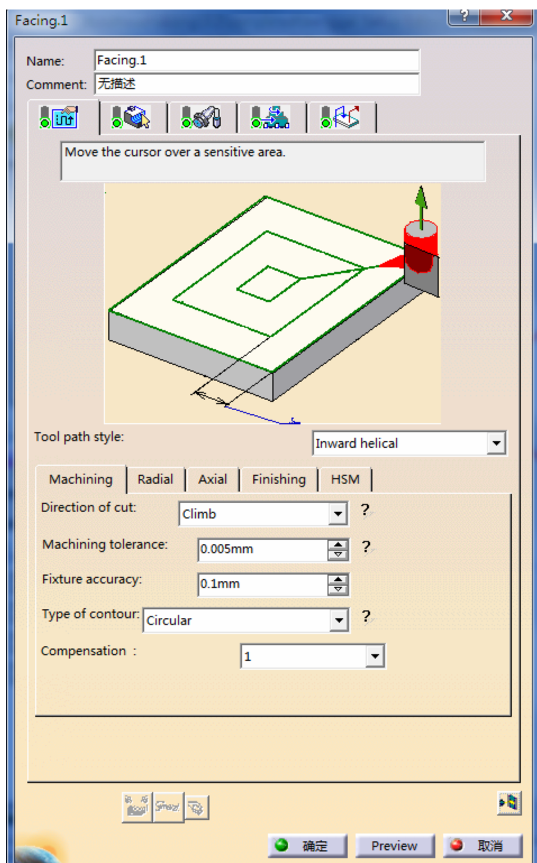


图 3-137　“Machining”选项卡（8）

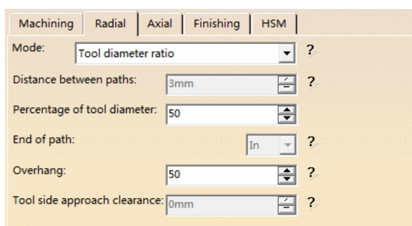


图 3-138　“Radial”选项卡（5）

● 在“Axial”选项卡（6）的“Mode”下拉列表中选择“Number of levels”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-139 所示。

6）定义进给率。单击“Facing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（7），如图 3-140 所示。

7）定义进刀、退刀路径。单击“Facing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，单击按钮，设置“Approach”参数（6）如图 3-141 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，单击按钮，设置“Retract”参数（6）如图 3-142 所示。

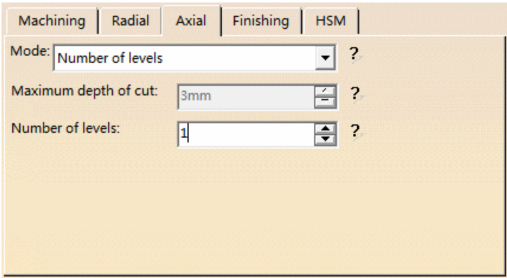


图 3-139 “Axial”选项卡（6）

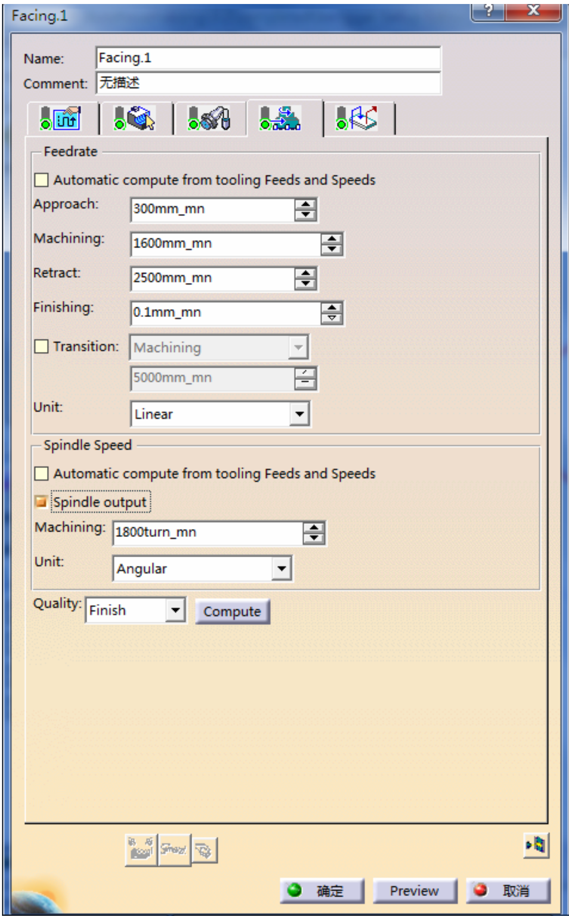
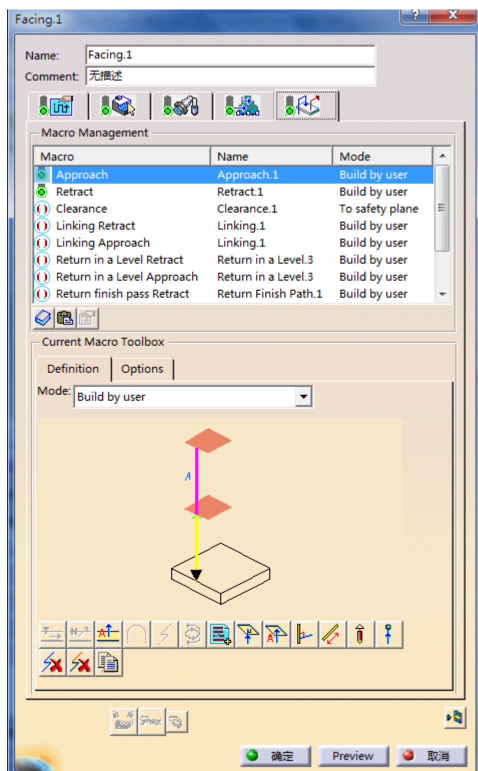


图 3-140 进给率参数选项卡（7）



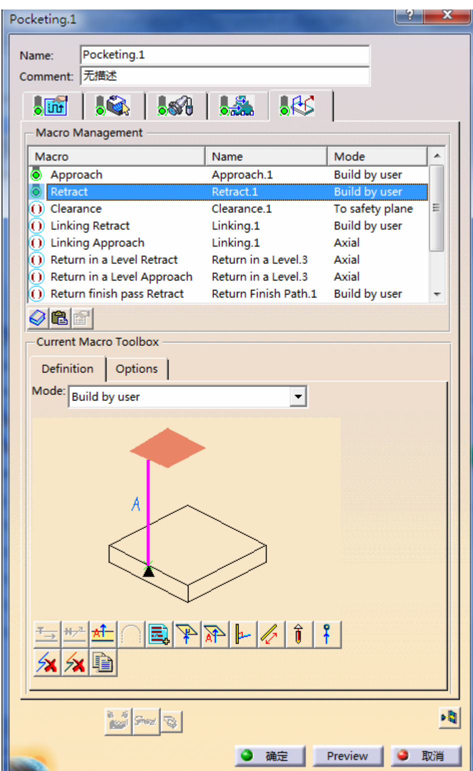
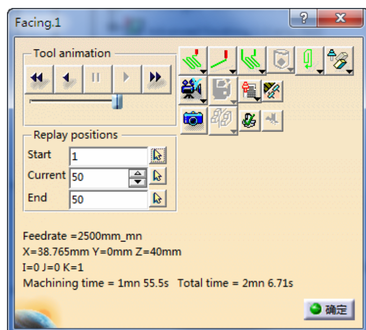


图 3-141　设置“Approach”参数（6）　　　图 3-142　设置“Retract”参数（6）

8）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Facing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Facing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（8），如图 3-143 所示。



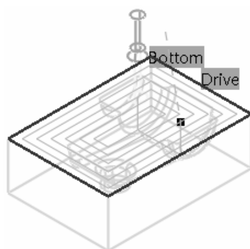


图 3-143　刀具路径轨迹（8）

● 单击图 3-143 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（8），如图 3-144 所示。

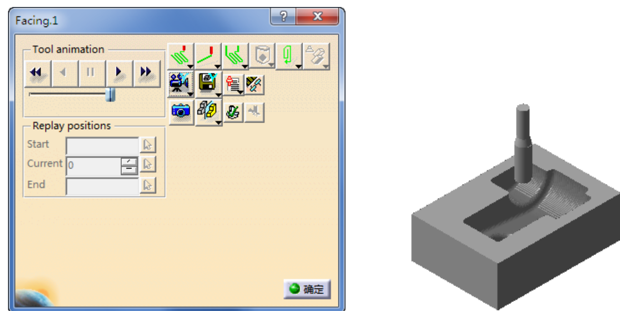


图 3-144　实体切削仿真（8）

9）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，重新进入曲面铣削加工环境。

7. 先进精加工型腔面

在特征树中选择“Facing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Advanced Finishing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Advanced Finishing 按钮，弹出“Advanced Finishing.2”对话框，如图 3-145 所示。

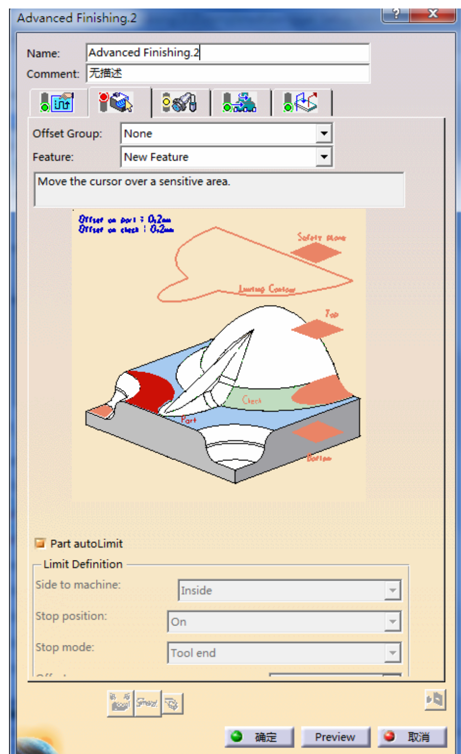


图 3-145　“Advanced Finishing.2”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（9）。单击“Advanced Finishing.2”对话框中的，切换到几何参数选项卡，右键单击对话框中的目标零件感应区，选择 Select faces 命令，选择曲面作为加工对象，如图 3-146 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

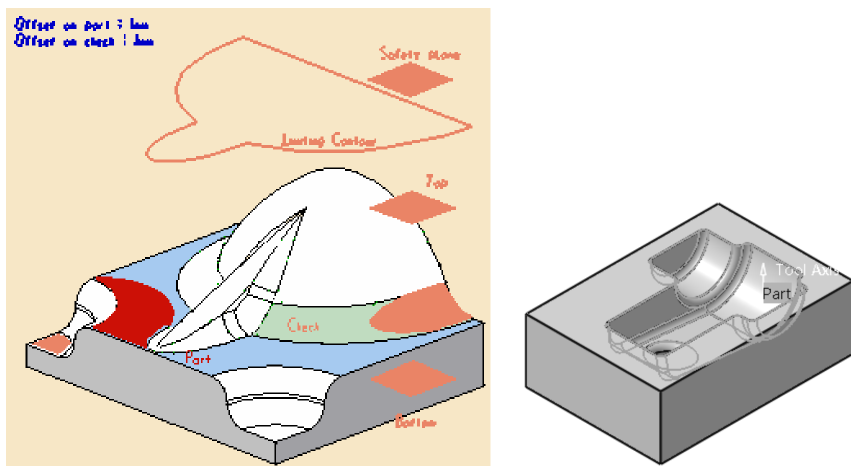


图 3-146　定义加工区域（9）

● 定义零件余量（9）。双击“Advanced Finishing.2”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-147 所示。

● 定义检查余量（9）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-148 所示。

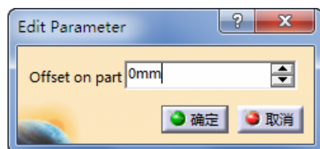


图 3-147　定义零件余量（9）

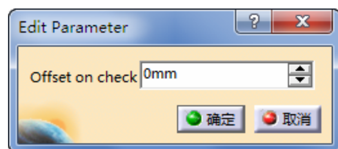


图 3-148　定义检查余量（9）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.2”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（8），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-149 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（8）如图 3-150 所示。

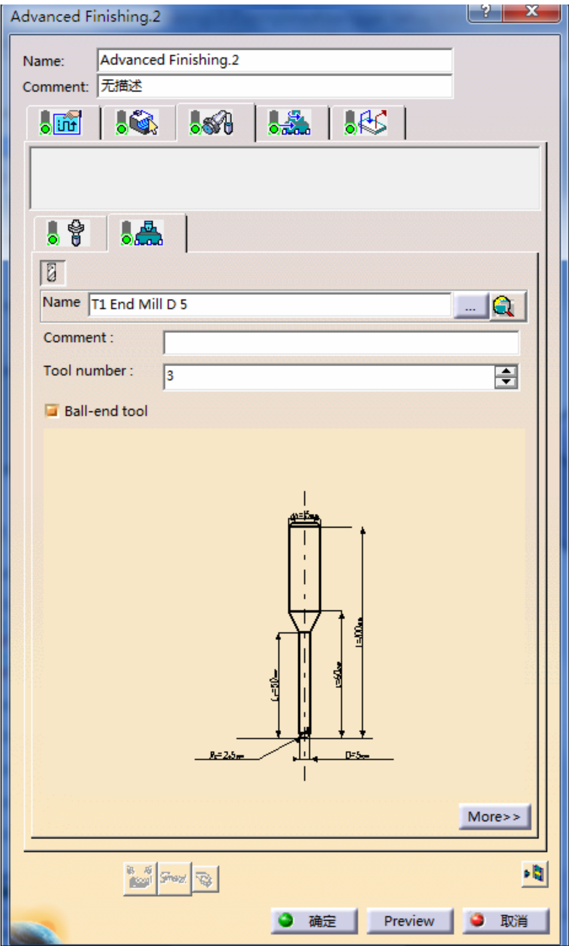


图 3-149　刀具参数选项卡（8）

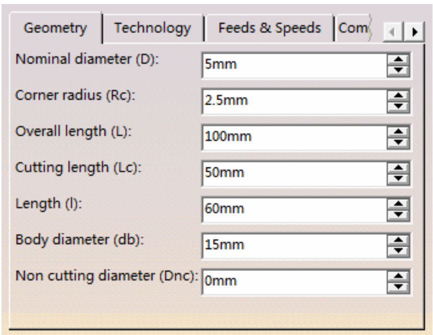


图 3-150　定义刀具参数（8）

3）定义刀具路径参数。单击“Advanced Finishing.2”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（9）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005”mm，在“Cutting mode”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-151 所示。

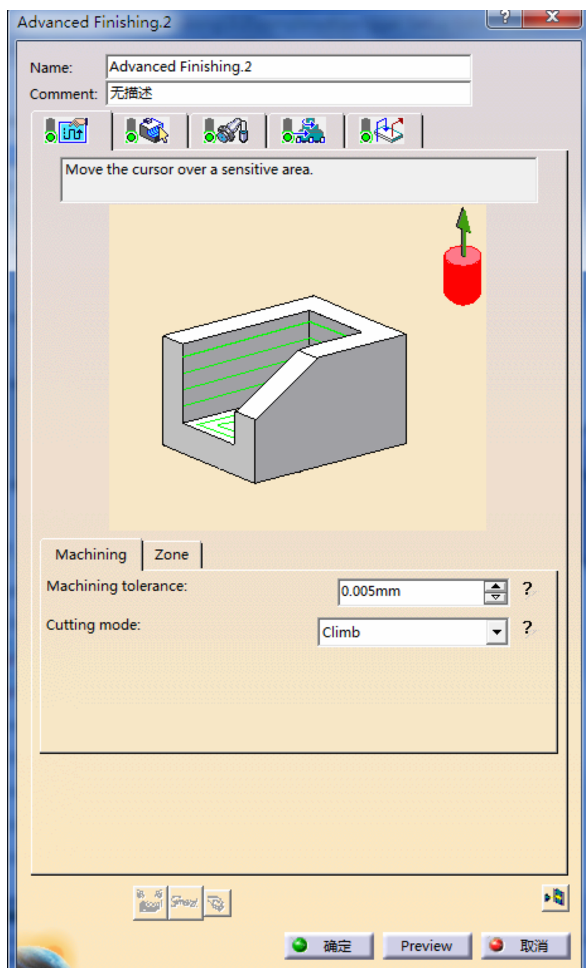


图 3-151　“Machining”选项卡（9）

● 在“Zone”选项卡（3）的“Max. horizontal slope”文本框中输入“15deg”，在“Vertical Zone”选项下的“Distance between pass”文本框中输入“0.5”mm，“Horizontal Zone”选项下的“Distance between pass”文本框中输入“0.05”mm，如图 3-152 所示。

4）定义进给率。单击“Advanced Finishing.2”对话框中的，切换到进

给率参数选项卡（8），如图 3-153 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Advanced Finishing.2”对话框中的 ，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Approach”参数（7）如图 3-154 所示。

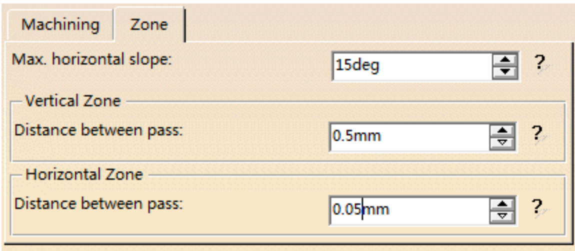


图 3-152 “Zone”选项卡（3）

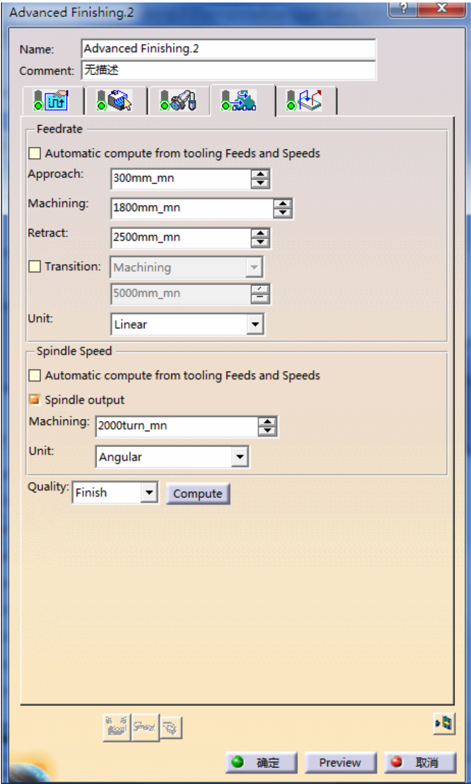


图 3-153 进给率参数选项卡（8）

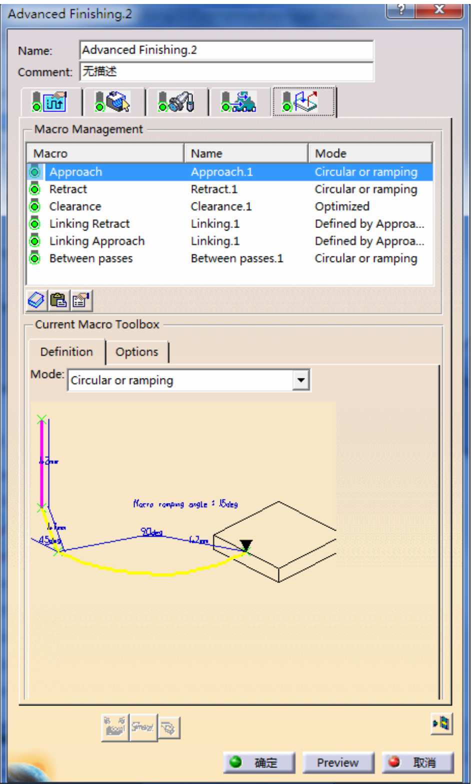


图 3-154 设置“Approach”参数（7）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Retract”参数（7）如图 3-155 所示。

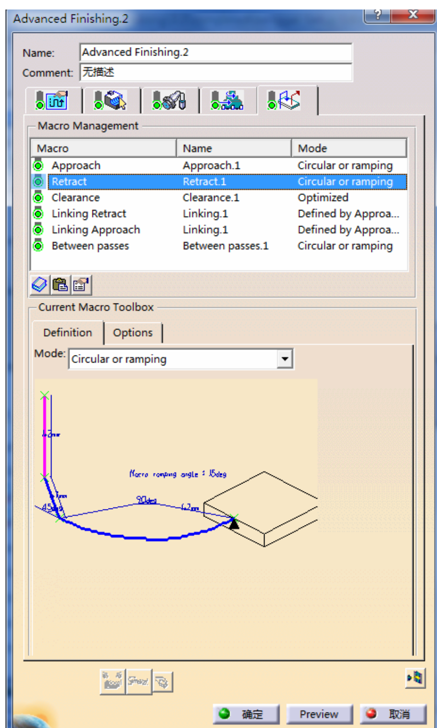


图 3-155　设置“Retract”参数（7）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.2”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Advanced Finish.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（9），如图 3-156 所示。

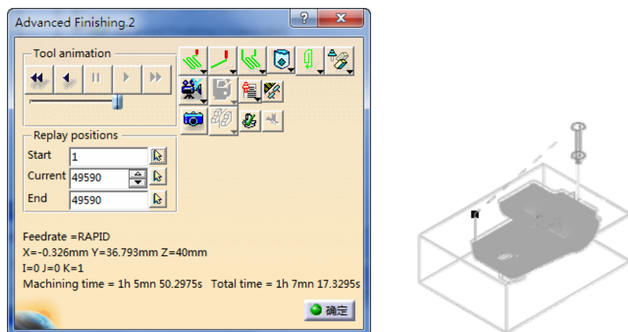


图 3-156　刀具路径轨迹（9）

● 单击图 3-156 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（9），如图 3-157 所示。

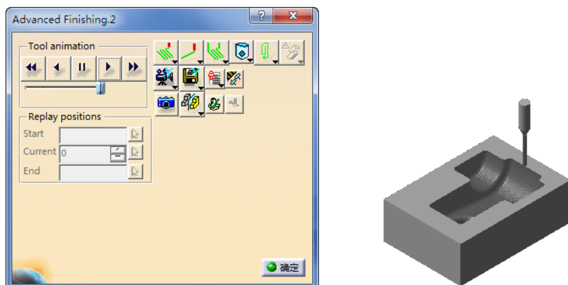


图 3-157 实体切削仿真（9）

8. ***轮廓驱动精加工圆角***

在特征树中选择“Advanced Finishing.2”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Contour driven”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Contour-driven 按钮，弹出“Contour-driven.1”对话框（2），如图 3-158 所示。

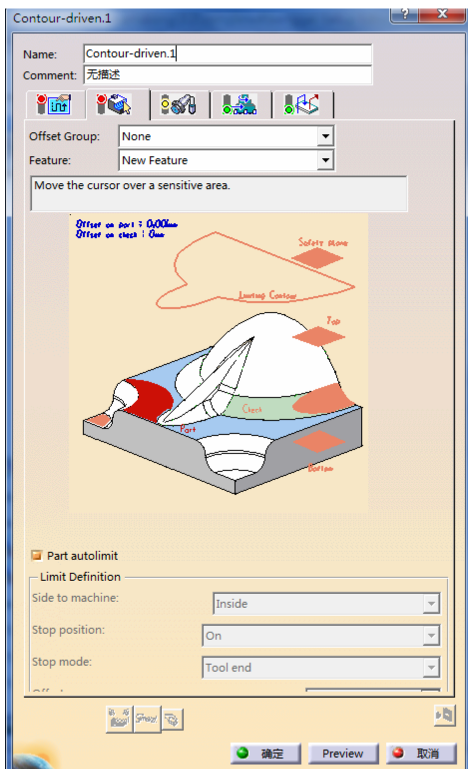


图 3-158 “Contour-driven.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（10）。单击“Contour-driven.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，右键单击对话框中的目标零件感应区，选择整个零件作为加工对象，如图 3-159 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

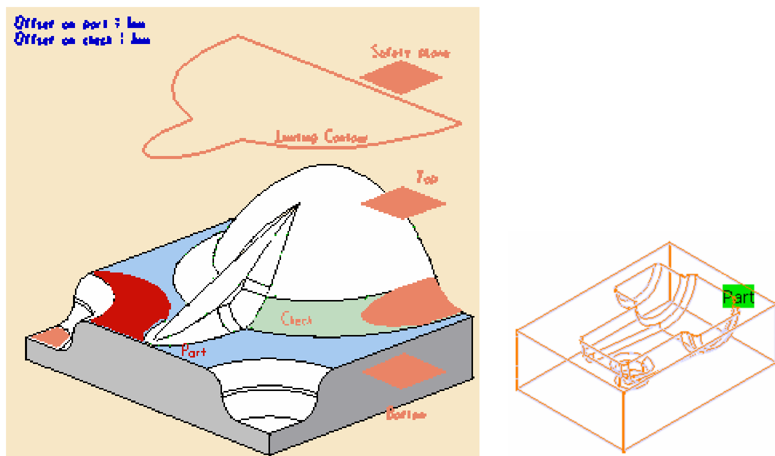


图 3-159　定义加工区域（10）

● 定义零件余量（10）。双击“Contour-driven.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-160 所示。

● 定义检查余量（10）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-161 所示。

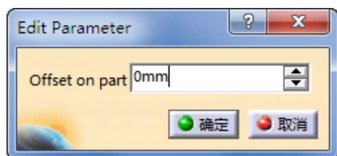


图 3-160　定义零件余量（10）

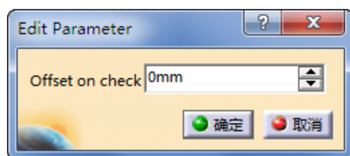


图 3-161　定义检查余量（10）

2）定义刀具路径参数。单击“Advanced Finishing.2”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 选择引导线（2）。在“Guiding strategy”选项中选择“Parallel contour”，单击“Guide 1”感应区，选择如图 3-162 所示的圆角外侧边线，单击“Guide 2”感应区，选择如图 3-162 所示的圆角内侧边线。

● 在“Machining”选项卡（10）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005”mm，在“Tool path style”下拉列表中选择“Zig-zag”选项，如图 3-163 所示。

● 在“Radial”选项卡（6）的“Stepover”下拉列表中选择“Via scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-164 所示。

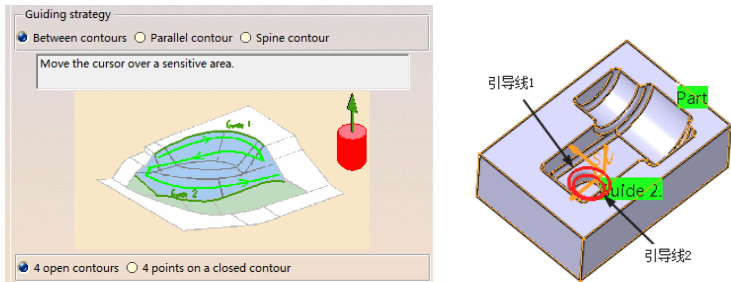


图 3-162　选择引导线（2）

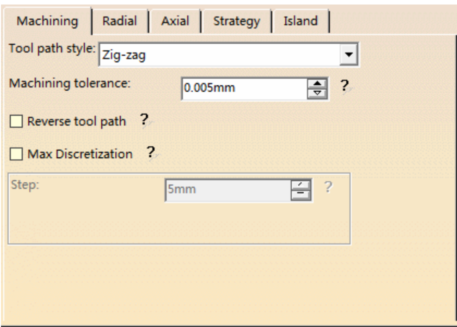


图 3-163　“Machining”选项卡（10）

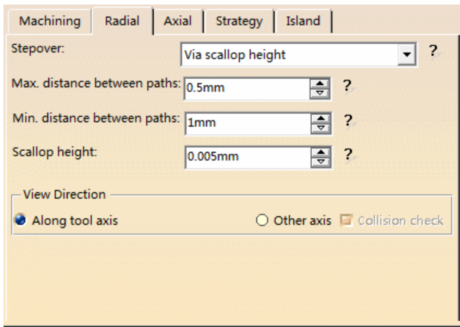


图 3-164　“Radial”选项卡（6）

● 单击“Axial”选项卡（7）的“Multi-pass”下拉列表中选择“Number of levels and Maximum cut depth”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-165 所示。

● 在“Strategy”选项卡（2）的“Pencil rework”下拉列表中选择“Without”，如图 3-166 所示。

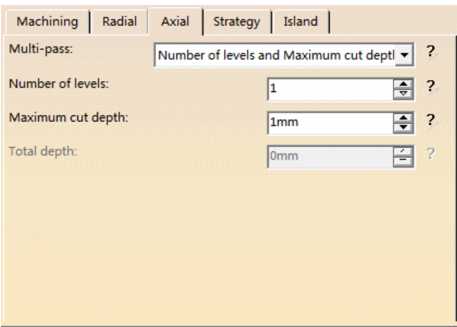


图 3-165　“Axial”选项卡（7）

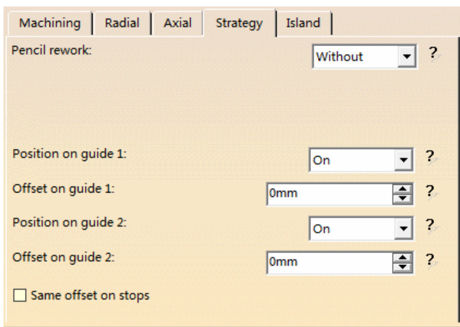


图 3-166　“Strategy”选项卡（2）

3）定义进刀、退刀路径。单击“Contour driven.1”对话框中的，切换到进退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Back”，单击尺寸 1.608，在弹出的 Edit Parameter 对话框中输入 20，设置“Approach”参数（8）如图 3-167 所示。

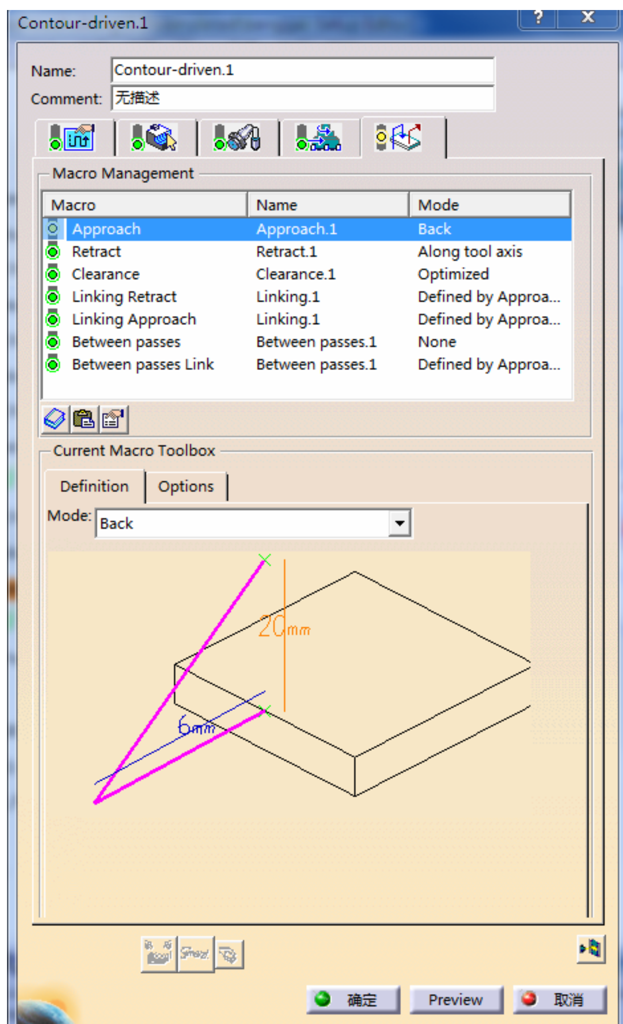


图 3-167　设置“Approach”参数（8）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Along tool axis”，设置“Retract”参数（8）如图 3-168 所示。

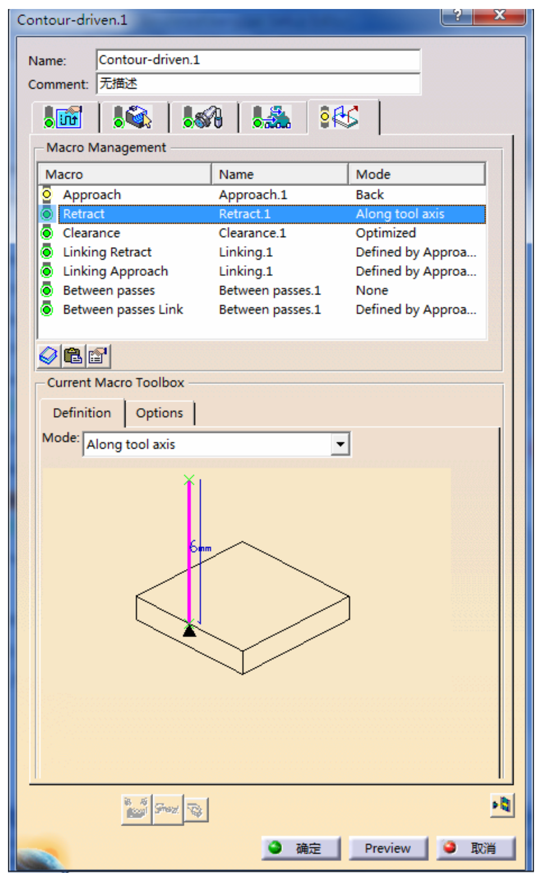


图 3-168　设置“Retract”参数（8）

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Contour driven.1”对话框（2）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Contour driven.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（10），如图 3-169 所示。

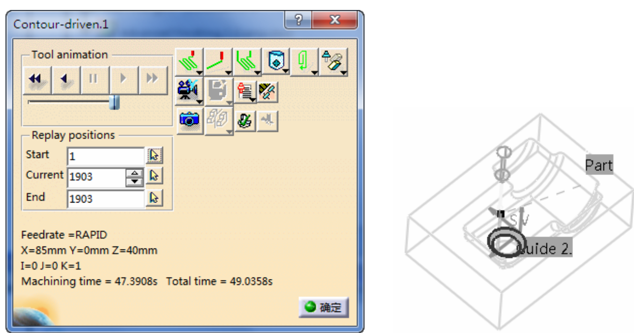


图 3-169　刀具路径轨迹（10）

● 单击图 3-169 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（10），如图 3-170 所示。

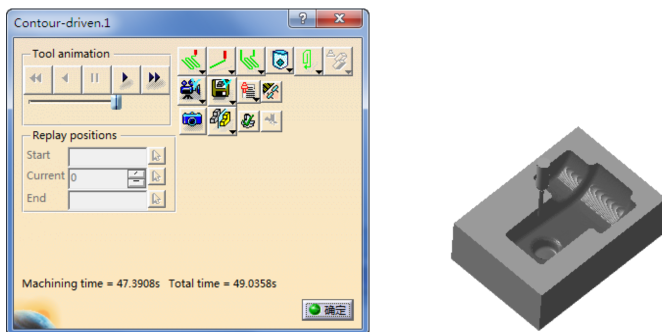


图 3-170　实体切削仿真（10）

9. **等高线精加工腔槽侧面**

在特征树中选择“Contour Driven.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“ZLevel”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 ZLevel 按钮，弹出“ZLevel.1”对话框（2），如图 3-171 所示。

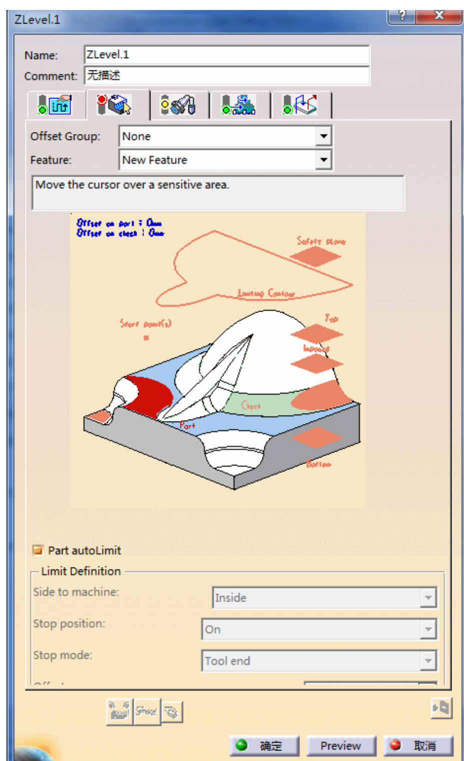


图 3-171　“ZLevel.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（11）。单击“ZLevel.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-172 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

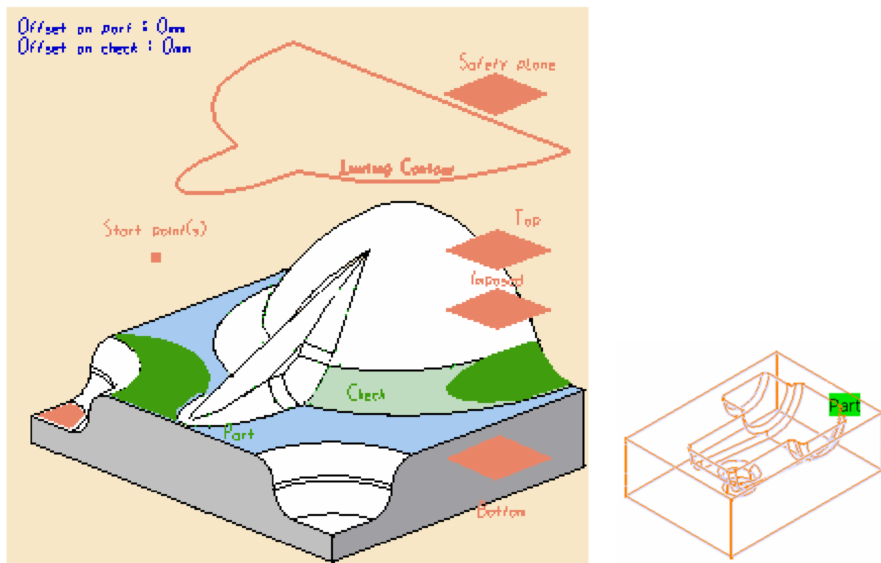


图 3-172　定义加工区域（11）

● 单击“边界感应区”，选择如图 3-173 所示边线作为加工边界，双击空白处返回，设置边界（3）。

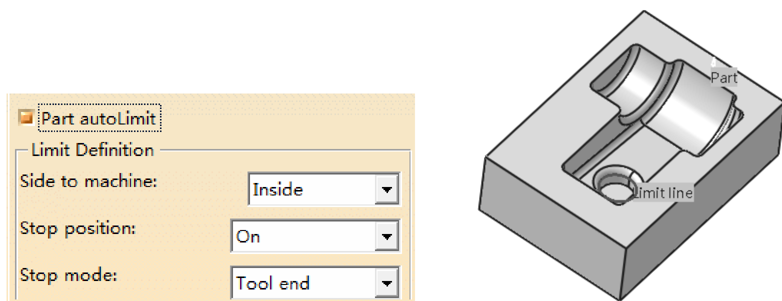


图 3-173　设置边界（3）

● 定义零件余量（11）。双击“ZLevel.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-174 所示。

● 定义检查余量（11）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-175 所示。

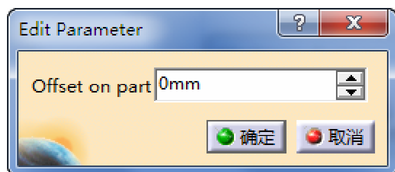


图 3-174　定义零件余量（11）

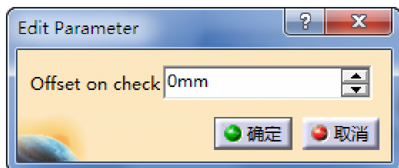


图 3-175　定义检查余量（11）

2）定义刀具路径参数。单击“ZLevel.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 在“Machining”选项卡（11）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05”mm，在“Cutting mode”下拉列表中选择“Either”选项，如图 3-176 所示。
- 在“Axial”选项卡（8）的“Stepover”下拉列表中选择“Via scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005”mm，如图 3-177 所示。

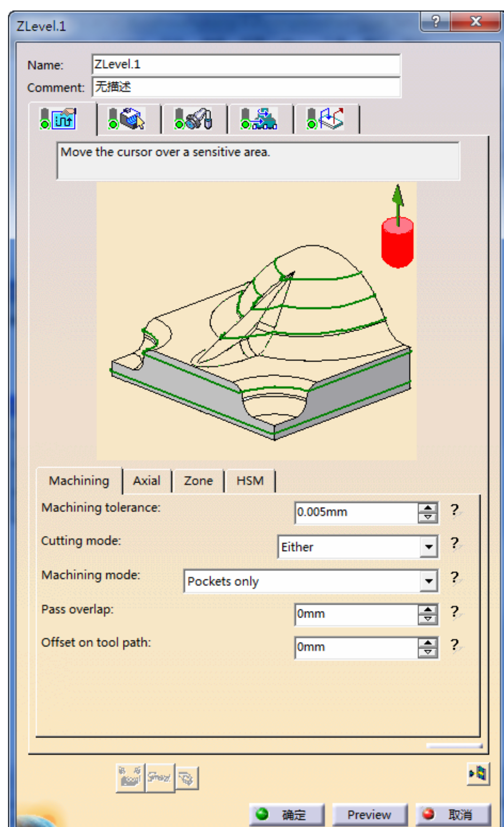


图 3-176　“Machining”选项卡（11）

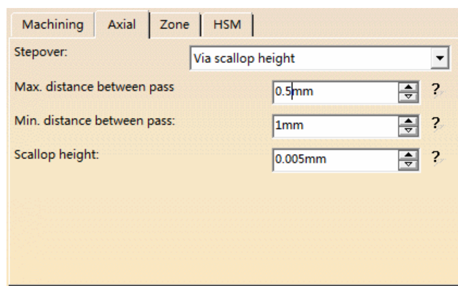


图 3-177　“Axial”选项卡（8）

3）定义进刀、退刀路径。单击“ZLevel.1”对话框中的，切换到进退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Approach”参数（9）如图 3-178 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Retract”参数（9）如图 3-179 所示。

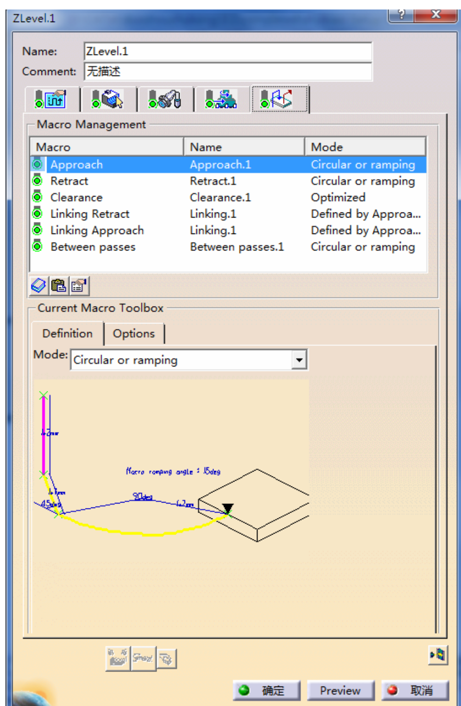


图 3-178 设置“Approach”参数（9）

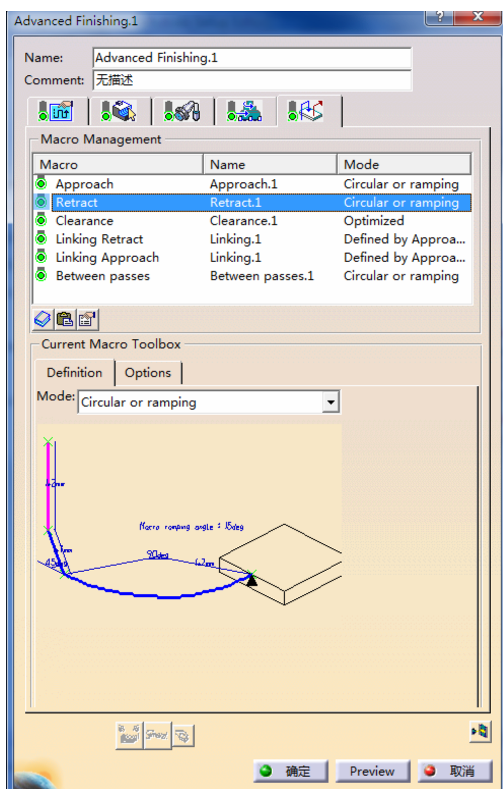
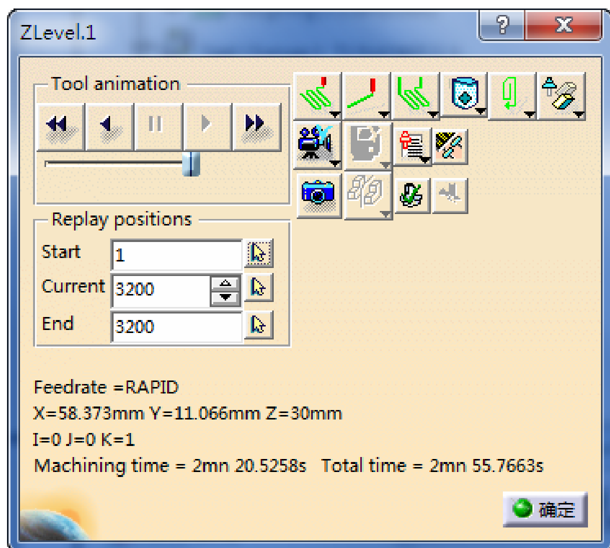


图 3-179 设置“Retract”参数（9）

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“ZLevel.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“ZLevel.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（11），如图 3-180 所示。

● 单击图 3-180 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（11），如图 3-181 所示。



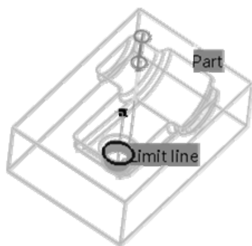
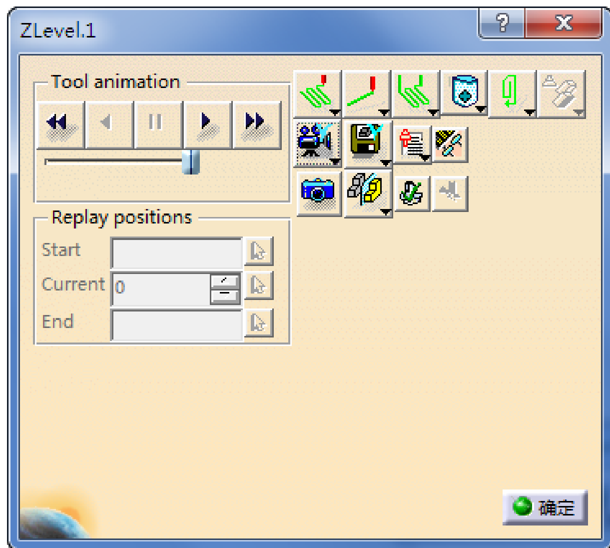


图 3-180　刀具路径轨迹（11）



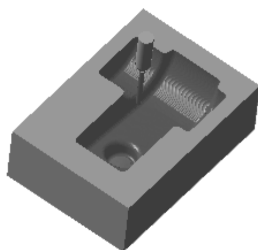


图 3-181　实体切削仿真（11）

10.　**型腔铣削精加工腔槽底面**

在特征树中选择“ZLevel.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Pocketing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Pocketing 按钮，弹出“Pocketing.1”对话框（2），如图 3-182 所示。

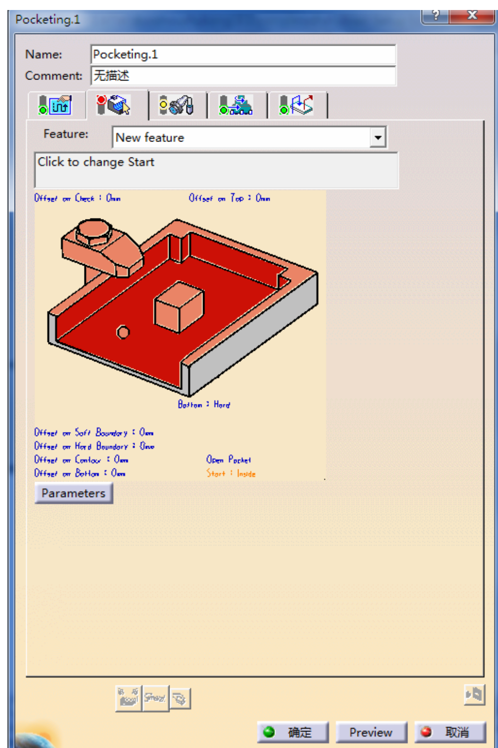


图 3-182　“Pocketing.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（12）。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的底面感应区，选择腔槽底面作为加工对象，如图 3-183 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

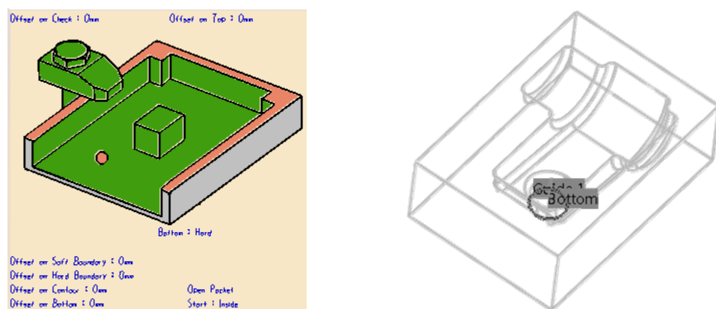


图 3-183　定义加工区域（12）

● 定义零件余量（12）。双击“Pocketing.1”对话框中的“Offset on bottom”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-184 所示。

● 定义检查余量（12）。双击“Offset on Check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-185 所示。

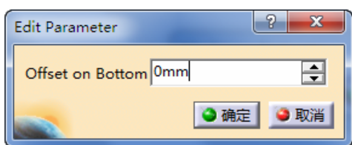


图 3-184　定义零件余量（12）

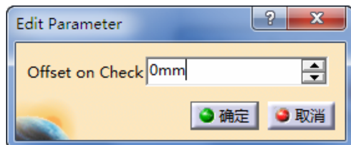


图 3-185　定义检查余量（12）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（9），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5R1”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-186 所示。

● 单击 More 按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（9）如图 3-187 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

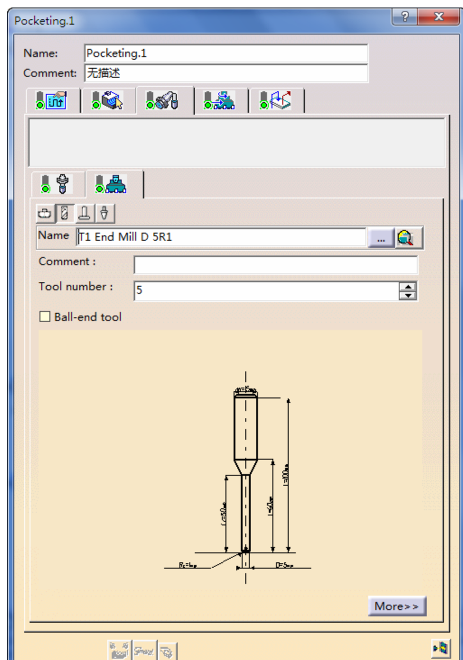


图 3-186　刀具参数选项卡（9）

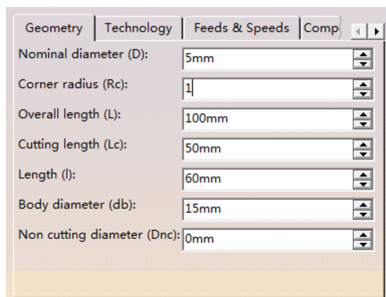


图 3-187　定义刀具参数（9）

● 在“Machining”选项卡（12）的“Tool path style”下拉列表中选择“Outward

helical”，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.005”mm，在“Direction of cut”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-188 所示。

- 在“Radial”选项卡（7）的“Mode”下拉列表中选择“Tool diameter ratio”，在“Percentage of tool diameter”文本框中输入“50”，如图 3-189 所示。
- 在“Axial”选项卡（9）的“Mode”下拉列表中选择“Number of levels”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-190 所示。

4）定义进给率。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（9），如图 3-191 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Pocketing.1”对话框中的，切换到进、退刀路径选项卡，具体设置如下：

- 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（10）如图 3-192 所示。
- 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（10）如图 3-193 所示。

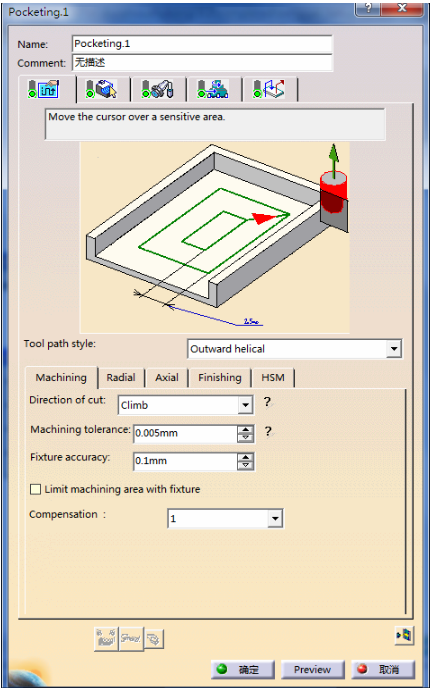


图 3-188 “Machining”选项卡（12）

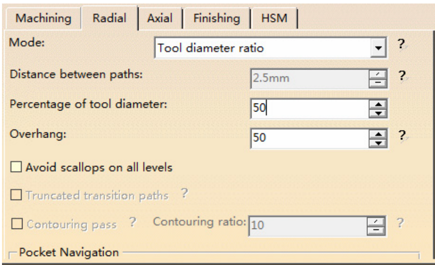


图 3-189 “Radial”选项卡（7）

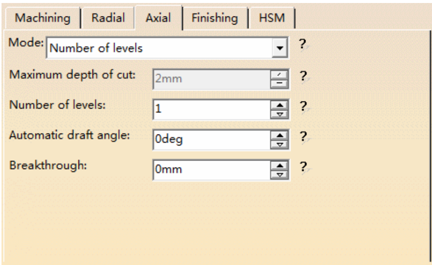


图 3-190　“Axial”选项卡（9）

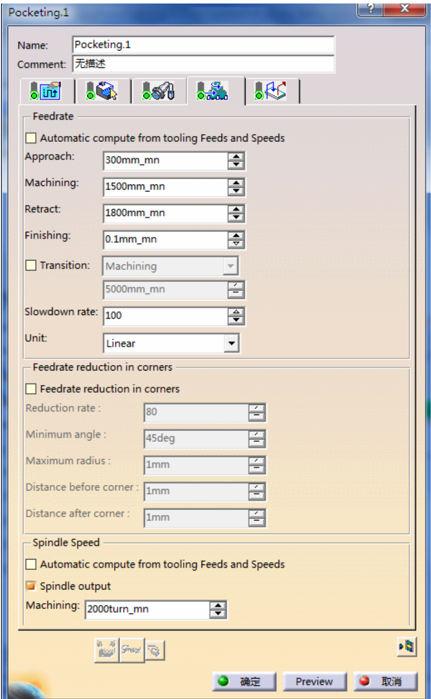


图 3-191　进给率参数选项卡（9）

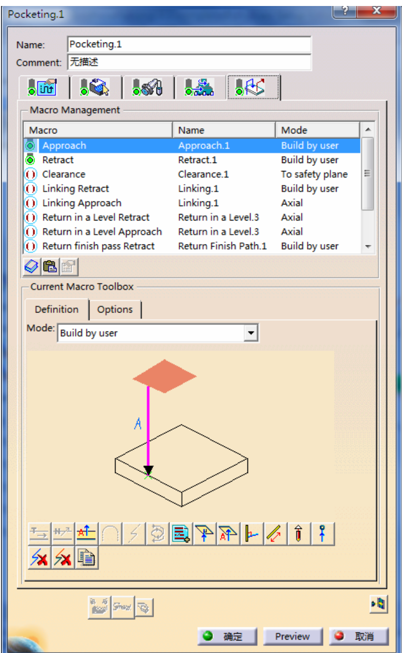


图 3-192　设置“Approach”参数（10）

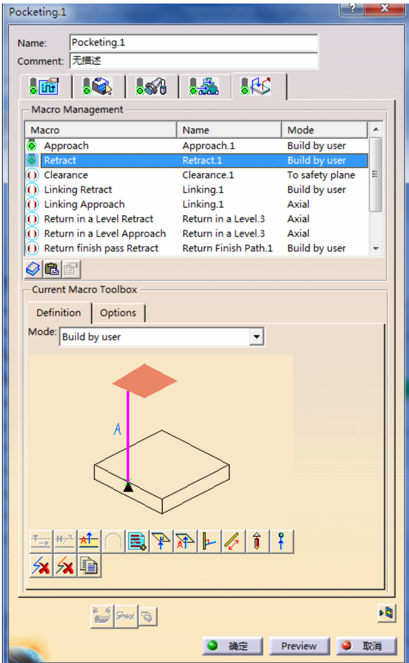


图 3-193　设置“Retract”参数（10）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pocketing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Pocketing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（12），如图 3-194 所示。

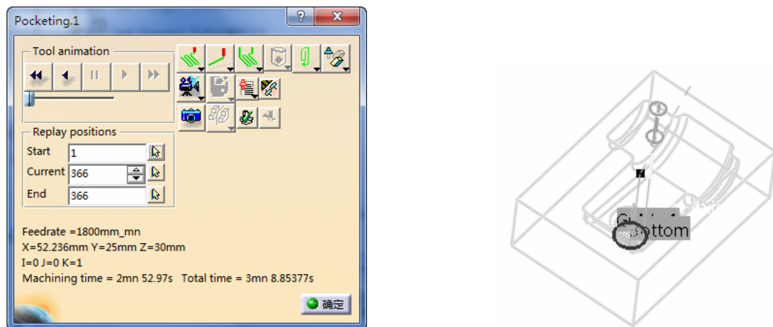


图 3-194　刀具路径轨迹（12）

● 单击图 3-194 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（12），如图 3-195 所示。

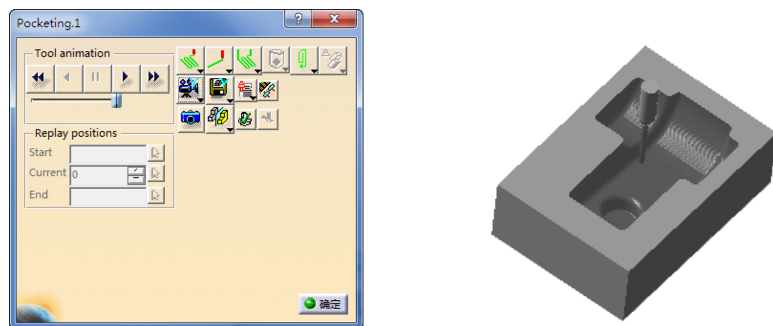


图 3-195　实体切削仿真（12）

7）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 3 章\3.2\completed\benggai.CATProcess）。

3.2.5　实例总结

本节以泵盖凹模为例，讲解了 CATIA V5 R20 的凹腔类型零件三轴铣削数控加工的方法和具体步骤，读者在学习过程，需要注意以下几点：

1）产品的数控加工过程与零件的传统加工过程类似，也分为粗加工、半精加工、精加工等 3 个基本加工阶段，不同之处在于数控加工最后通常要进行清角加工。数控粗加工采用型腔铣方法、半精加工采用先进精加工或等高线精加

工，精加工采用等高线精加工、投影精加工、轮廓驱动精加工、沿面精加工、螺旋精加工、先进精加工和清根加工等。

2）对于零件的精加工，不同特征的加工区域应该采用不同的加工方法，而不能简单地进行 1 个步骤或两个步骤的精加工来完成所有曲面加工。一般来说，当加工倾斜角度较大的曲面时，采用等高线精加工方式切削，以设定切削深度方式来有效地控制残余高度；对倾斜角度较小的曲面或者曲面部位进行加工时，可采用投影精加工、轮廓驱动精加工以及其他精加工方法。

3.3　经典实例——飞机引擎罩凸模三轴数控铣削加工

3.3.1　实例描述

飞机引擎罩凸模如图 3-196 所示。整个外形结构包括有多个区域，由不规则分型面、外部凸出曲面以及圆角等组成。材料为 45 钢。工件底部安装在工作台上。

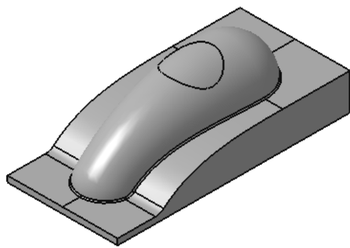


图 3-196　飞机引擎罩凸模

3.3.2　加工方法分析

飞机引擎罩凸模根据数控加工工艺要求，采用的工艺路线为粗加工→半精加工→精加工→清角。

1）粗加工。首先采用较大直径的刀具进行粗加工以便于去除大量多余留量。粗加工采用等高线粗加工的方法，刀具为ϕ10mm、R2mm 的圆角刀。

2）半精加工。利用半精加工来获得较为均匀的加工余量。半精加工采用先进精加工方式加工所有表面，刀具为ϕ6mm 的球刀。

3）精加工。精加工采用投影精加工，刀具为ϕ5mm 球刀。

4）清角加工。采用自动清角加工对拐角残留进行加工，刀具为ϕ2mm 的球刀。

3.3.3　加工流程与所用知识点

飞机引擎罩凸模数控加工的设计流程和知识点见表 3-3 所示。

表 3-3　飞机引擎罩凸模数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 1： 打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2： 创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3： 定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step4： 等高线粗加工	等高线粗加工是以垂直于刀具 *Z* 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料，常用于粗加工中	
Step5： 先进精加工-半精加工	先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工	
Step6： 投影精加工	投影精加工是以一系列与刀具轴线（*Z* 轴）平行的平面与零件的加工表面相交得到刀具路径	
Step7： 清根加工	清根加工是以两个面之间的交线作为运动路径来切削上一个加工操作留在两个面之间的残料	

3.3.4　具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“yinqing zhao.catpart”（随书光盘：\第 3 章\3.3\uncompleted\yinqingzhao.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（3）如图 3-197 所示。

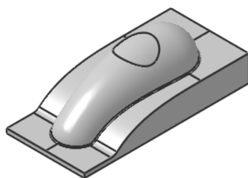


图 3-197　打开的模型文件（3）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2. 创建毛坯零件

1）单击“Geometry Management”工具栏上的“Creates rough stock”按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框（1），激活“Part body”编辑框，选择如图 3-197 所示的模型零件为目标加工零件。

2）在图形区一个线框包围着整个零件，“Rough Stock”对话框（3）下部将显示毛坯尺寸，编辑相关尺寸如图 3-198 所示。

3）单击“Rough Stock”对话框（3）中的“确定”按钮，创建的毛坯零件（3），如图 3-199 所示。

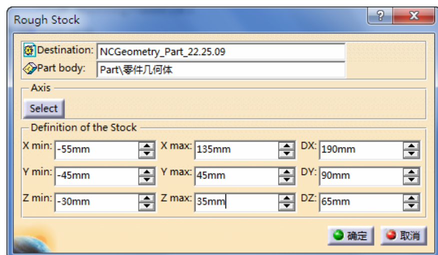


图 3-198　“Rough Stock”对话框（3）

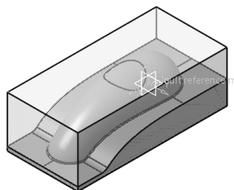
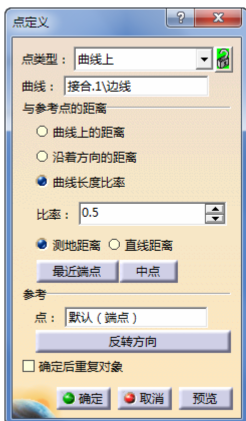


图 3-199　创建的毛坯零件（3）

4）创建坐标轴原点，其具体步骤如下：

- 选择菜单“开始”→“形状”→创成式外形设计命令，进入创成式外形设计工作环境。
- 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 3-200 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮创建点 1（2），如图 3-200 所示。
- 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 3-201 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮，创建点 2（2）如图 3-201 所示。



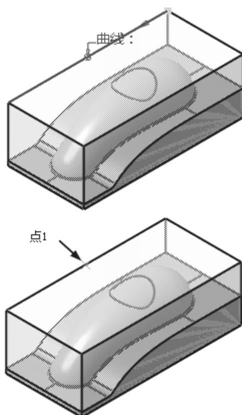
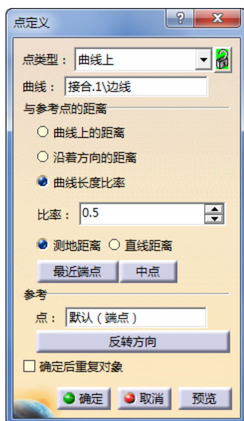


图 3-200　创建点 1（2）



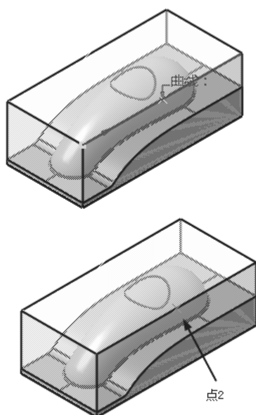
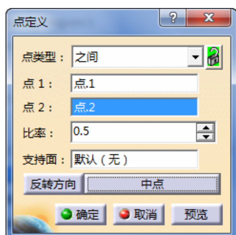


图 3-201　创建点 2（2）

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，在“点类型”下拉列表中选择“之间”选项，选择“点 1”和“点 2”作为参考点，单击“中点”按钮，单击“确定”按钮，创建点 3（2）如图 3-202 所示。



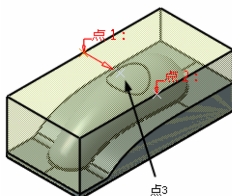


图 3-202　创建点 3（2）

● 双击“Part Operation.1”节点，返回加工模块。

3．定义零件操作

1）在特征树中双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（3），如图 3-203 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（3），保持默认设置“3-axis Machine.1”，如图 3-204 所示。

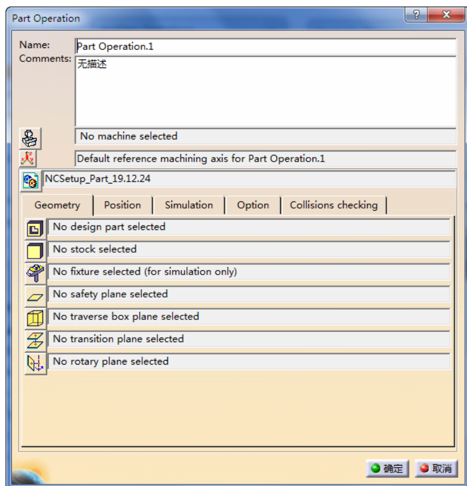


图 3-203　“Part Operation”对话框（3）

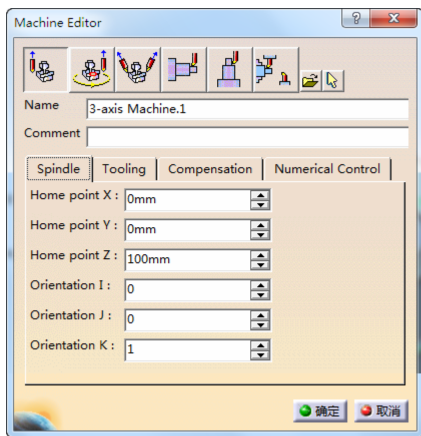


图 3-204　“Machine Editor”对话框（3）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（3），如图 3-205 所示。

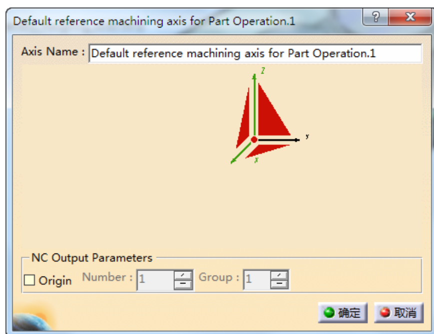


图 3-205　“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（3）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中，输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，

选择如图 3-206 所示的点 3 作为坐标原点，定义加工坐标系（3）如图 3-206 所示。

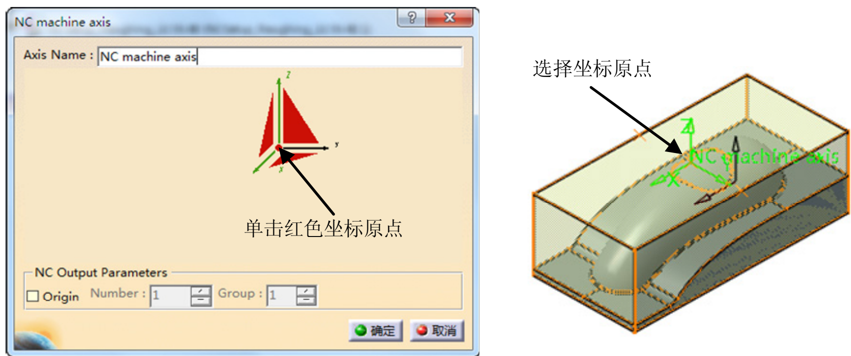


图 3-206　定义加工坐标系（3）

4）定义目标加工零件（3）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 3-207 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（3）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 3-208 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

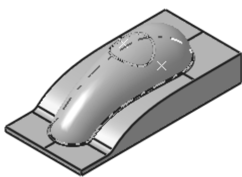


图 3-207　定义目标加工零件（3）

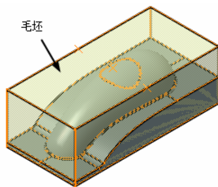


图 3-208　定义毛坯零件（3）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

- 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面（3）如图 3-209 所示。
- 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（3）中选择“Offset”命令，如图 3-210 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“30”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（3），如图 3-211 所示。

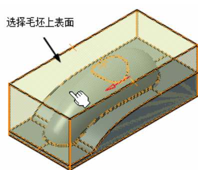


图 3-209　创建安全平面（3）

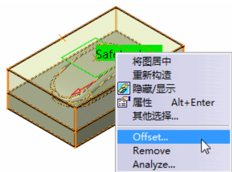


图 3-210　快捷菜单（3）



图 3-211 创建的安全平面（3）

4. 等高线粗加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.1”对话框（3），如图 3-212 所示。

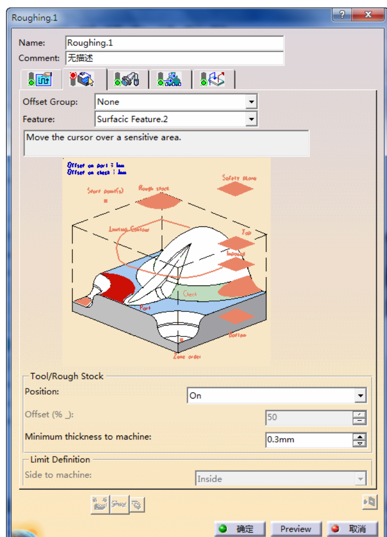


图 3-212 “Roughing.1”对话框（3）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（13）。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-213 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量（13）。双击“Roughing.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-214 所示。

● 定义检查余量（13）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5”mm，如图 3-215 所示。

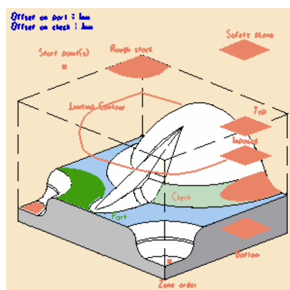
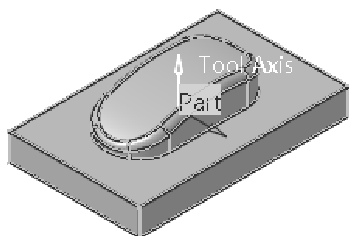



图 3-213　定义加工区域（13）

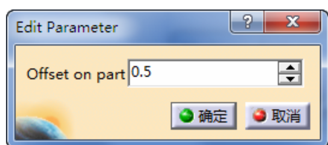


图 3-214　定义零件余量（13）

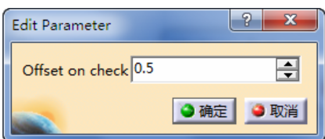


图 3-215　定义检查余量（13）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 ，切换到刀具参数选项卡（10），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 3-216 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（10）如图 3-217 所示。

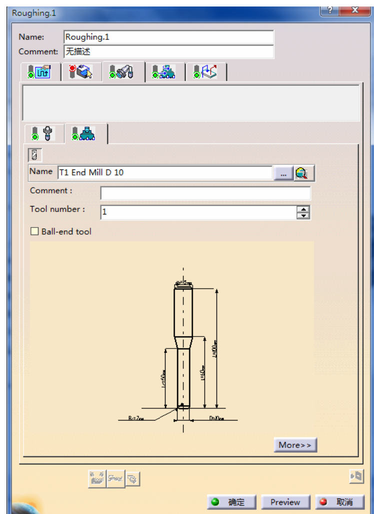


图 3-216　刀具参数选项卡（10）

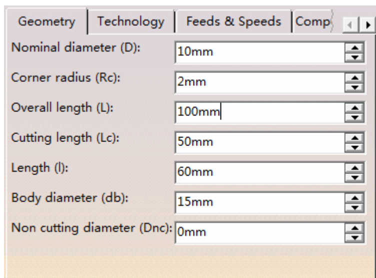


图 3-217　定义刀具参数（10）

3）定义刀具路径参数。单击“Roughing.1”对话框中的 ，切换到刀具

路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（13）的“Machine mode”下拉列表中选择“By Area”和“Outer part and pockets”选项，在“Tool path style”下拉列表中选择“Helical”选项，如图 3-218 所示。

● 在“Radial”选项卡（8）的“Stepover”下拉列表中选择“Overlap length”，在“Overlap length”文本框中输入“3mm”，如图 3-219 所示。

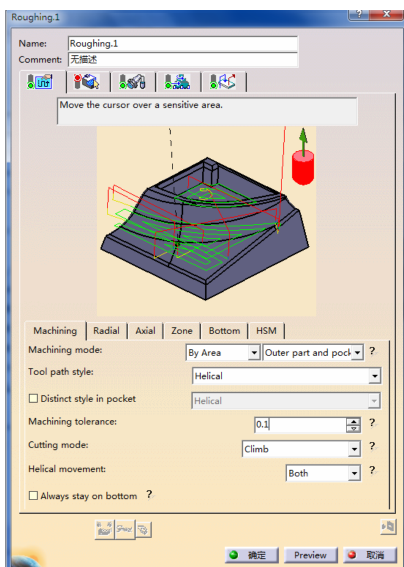


图 3-218　“Machining”选项卡（13）

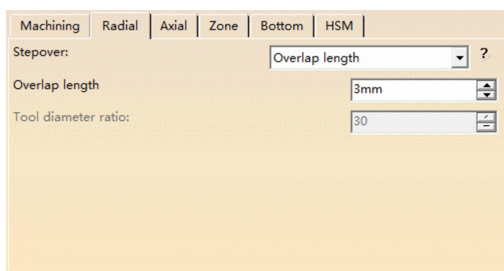


图 3-219　“Radial”选项卡（8）

● 在“Axial”选项卡（10）的“Maximum cut depth”文本框中输入“2mm”，如图 3-220 所示。

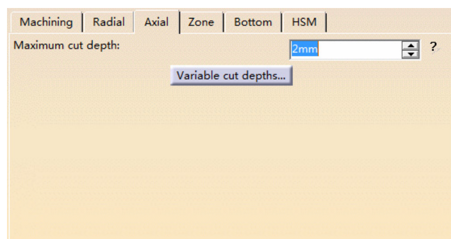


图 3-220　“Axial”选项卡（10）

4）定义进给率。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（10），如图 3-221 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡（3），具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Automatic”，在“mode”下拉列表中选择“Ramping”，设置其他参数如图 3-222 所示。

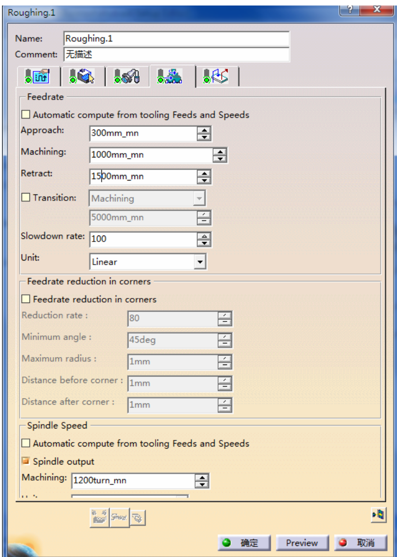


图 3-221 进给率参数选项卡（10）

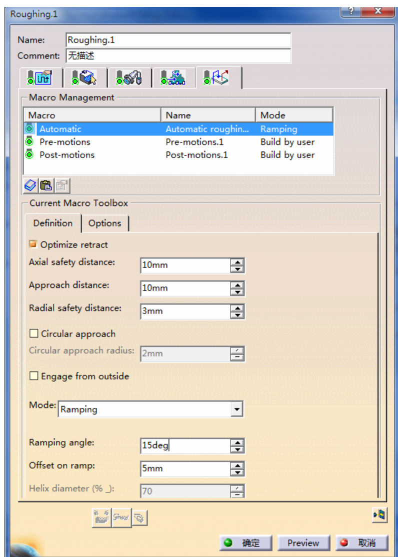


图 3-222 进刀、退刀路径选项卡（3）

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置选择“Pre-motions”（3），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-223 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中设置选择“Post-motions”（3），单击 Add axial motion 按钮，如图 3-224 所示。

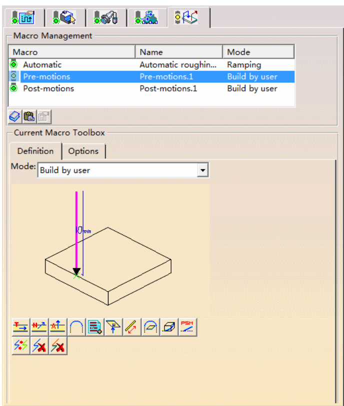


图 3-223 设置“Pre-motions”（3）

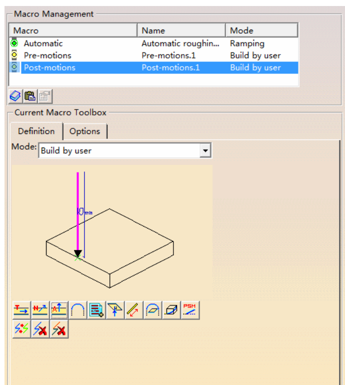


图 3-224 设置“Post-motions”（3）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Roughing.1”

对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（13），如图 3-225 所示。

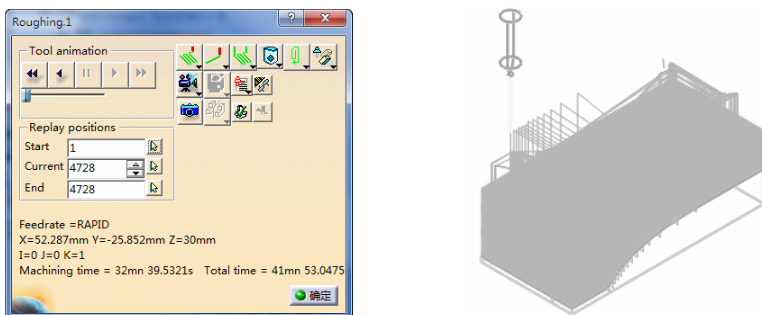


图 3-225　刀具路径轨迹（13）

● 单击图 3-225 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（13），如图 3-226 所示。

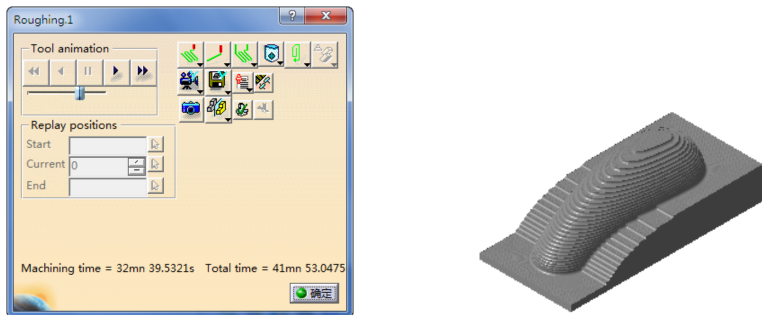


图 3-226　实体切削仿真（13）

5. 先进精加工-半精加工

在特征树中选择“Roughing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Advanced Finishing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Advanced Finishing 按钮，弹出“Advanced Finishing.1”对话框(3)，如图 3-227 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（14）。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-228 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量(14)。双击“Advanced Finishing .1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如图 3-229 所示。

● 定义检查余量（14）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.2”mm，如图 3-230 所示。

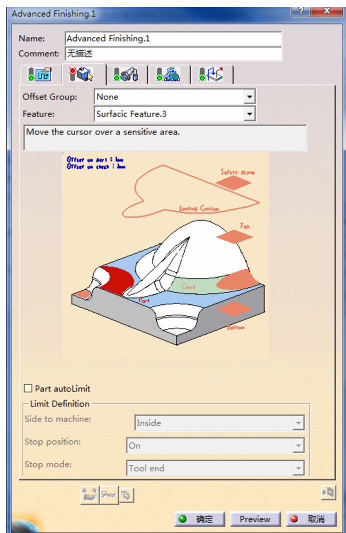


图 3-227 “Advanced Finishing.1”对话框（3）

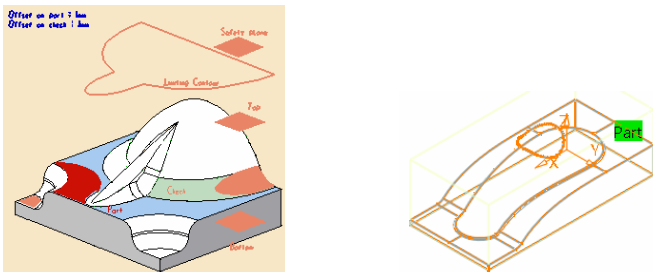


图 3-228 定义加工区域（14）

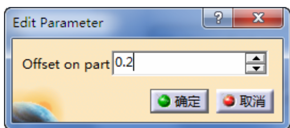


图 3-229 定义零件余量（14）

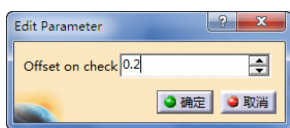


图 3-230 定义检查余量（14）

● 单击“边界感应区”，选择如图 3-231 所示边线作为加工边界，双击空白处返回，设置边界（4）如图 3-231 所示。

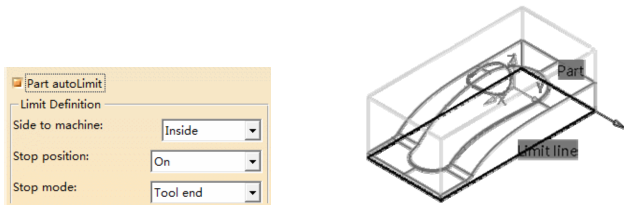


图 3-231 设置边界（4）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（11），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D6”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-232 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（11）如图 3-233 所示。

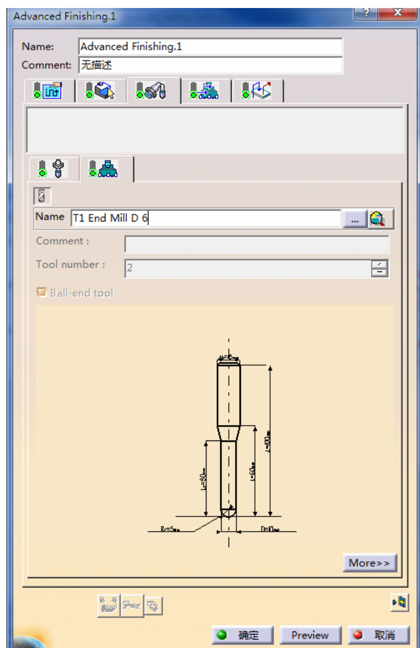


图 3-232　刀具参数选项卡（11）

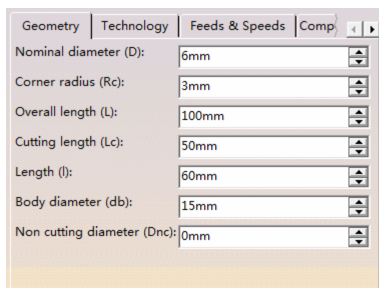


图 3-233　定义刀具参数（11）

3）定义刀具路径参数。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（14）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，在“Cutting mode”下拉列表中选择“Climb”选项，如图 3-234 所示。

● 在“Zone”选项卡（4）的“Max. horizontal slope”文本框中输入“15deg”，在“Distance between pass”文本框中输入“1mm”，如图 3-235 所示。

4）定义进给率。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（11），如图 3-236 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Advanced Finishing.1”对话框中的，切换到进退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Approach”参数（11）如图 3-237 所示。

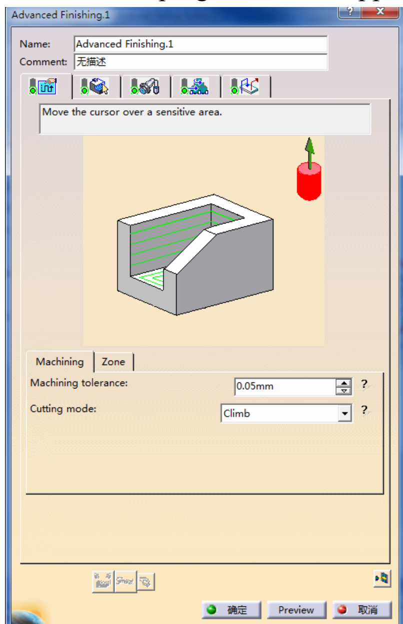


图 3-234 “Machining”选项卡（14）

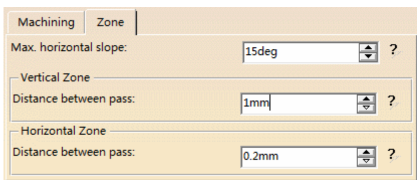


图 3-235 “Zone”选项卡（4）

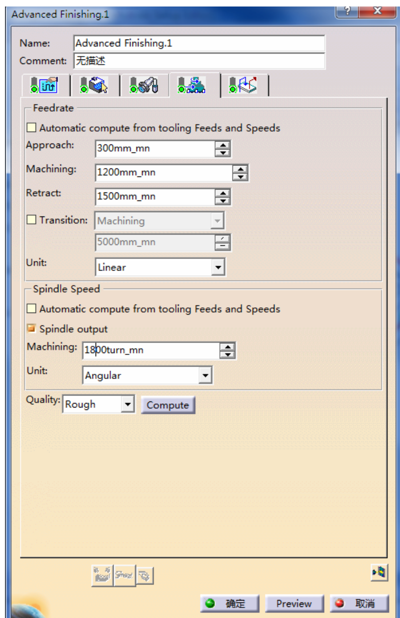


图 3-236 进给率参数选项卡（11）

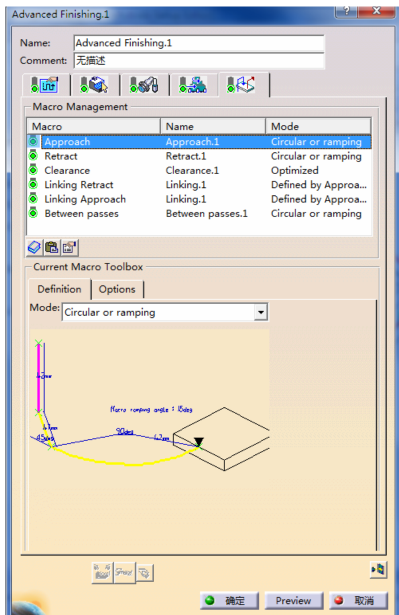


图 3-237 设置“Approach”参数（11）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Circular or ramping”，设置“Retract”参数（11）如图 3-238 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Advanced Finishing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Advanced Finish.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（14），如图 3-239 所示。

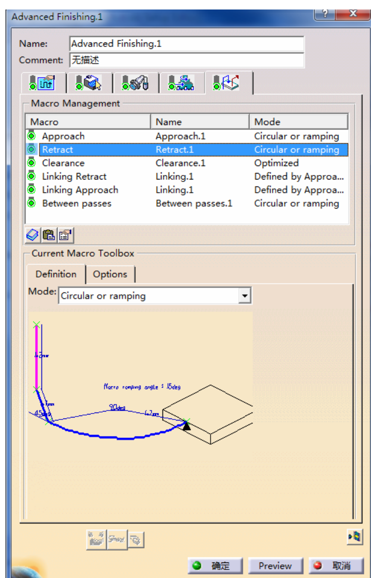
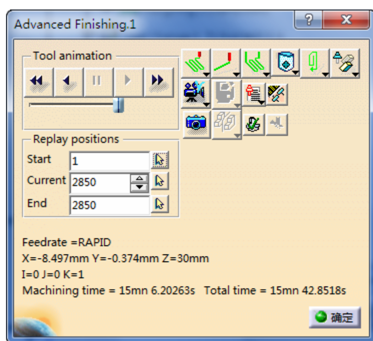


图 3-238　设置“Retract”参数（11）



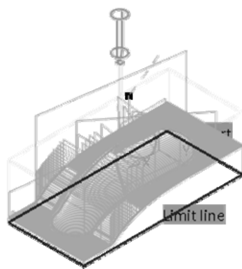


图 3-239　刀具路径轨迹（14）

● 单击图 3-239 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（14）如图 3-240 所示。

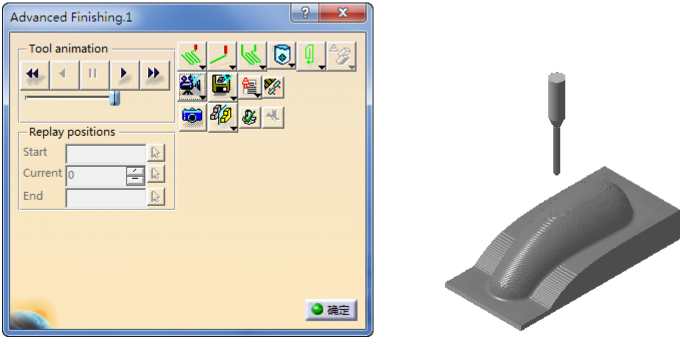


图 3-240　实体切削仿真（14）

6. **投影精加工**

在特征树中选择“Advanced Finishing.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Sweeping operations”→“Sweeping”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Sweeping 按钮，弹出“Sweeping.1”对话框，如图 3-241 所示。

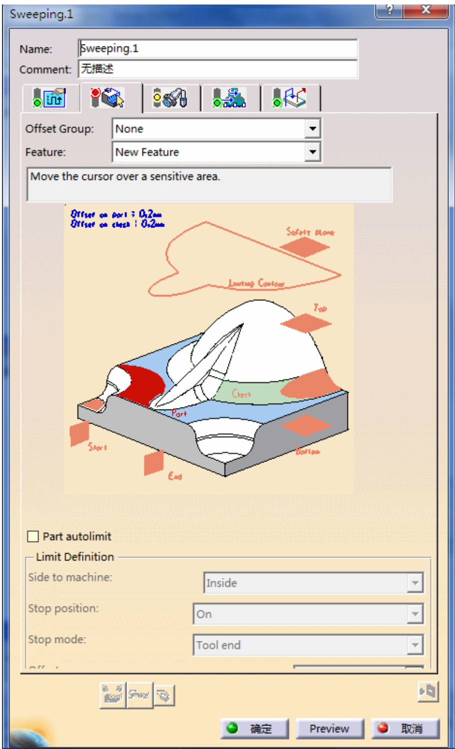


图 3-241　“Sweeping.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（15）。单击“Sweeping.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-242 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

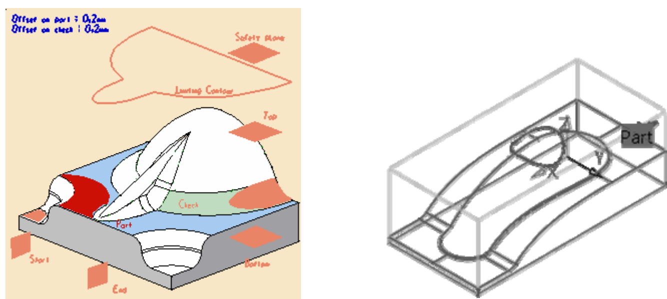


图 3-242　定义加工区域（15）

● 定义零件余量（15）。双击“Sweeping.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-243 所示。

● 定义检查余量（15）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-244 所示。

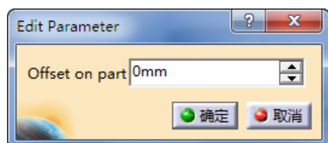


图 3-243　定义零件余量（15）

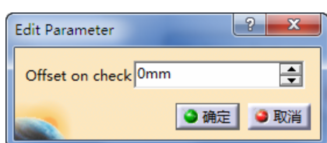


图 3-244　定义检查余量（15）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Sweeping.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（12），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-245 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（12）如图 3-246 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Sweeping.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（15）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-247 所示。

● 在“Radial”选项卡（9）的“Stepover”下拉列表中选择“Via scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-248 所示。

● 在“Axial”选项卡（11）的“Multi-pass”下拉列表中选择“Number of

levels and Maximum cut depth”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-249 所示。

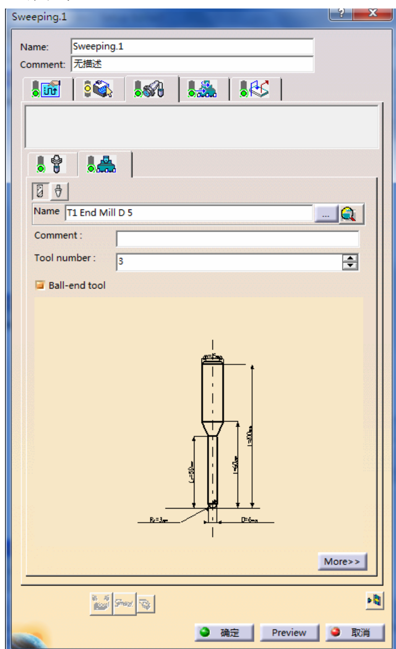


图 3-245　刀具参数选项卡（12）

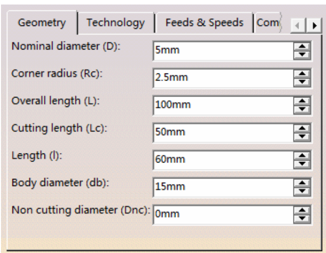


图 3-246　定义刀具参数（12）

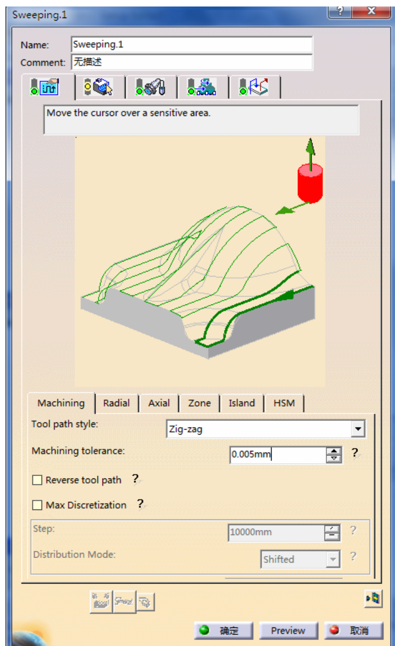


图 3-247　“Machining”选项卡（15）

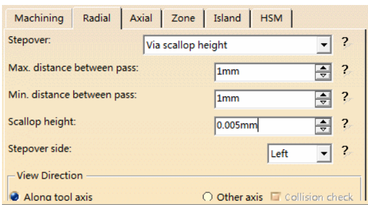


图 3-248　“Radial”选项卡（9）

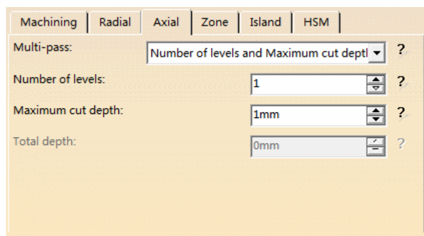


图 3-249　“Axial”选项卡（11）

4）定义进给率。单击“Sweeping.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（12），如图 3-250 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Sweeping.1”对话框中的，切换到进退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（12）如图 3-251 所示。

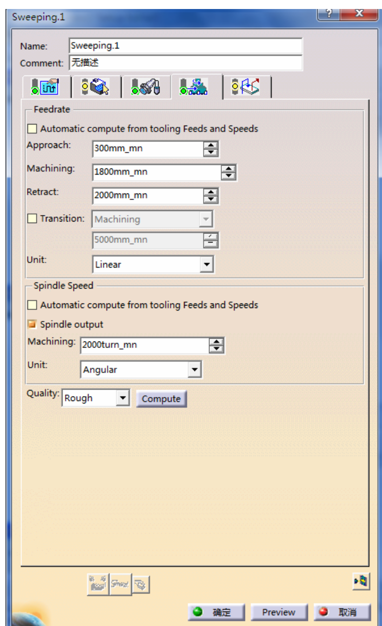


图 3-250　进给率参数选项卡（12）

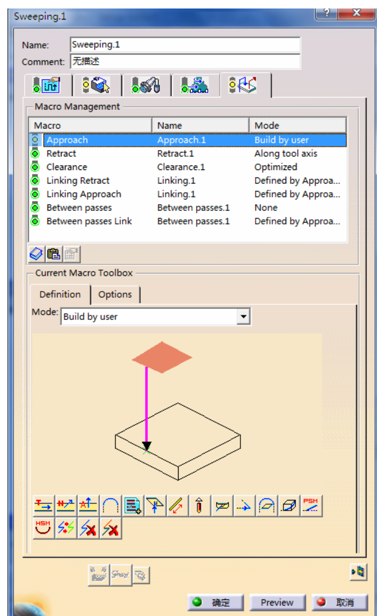


图 3-251　设置“Approach”参数（12）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Along tool axis”，设置“Retract”参数（12）如图 3-252 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Sweeping.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Sweeping.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（15），如图 3-253 所示。

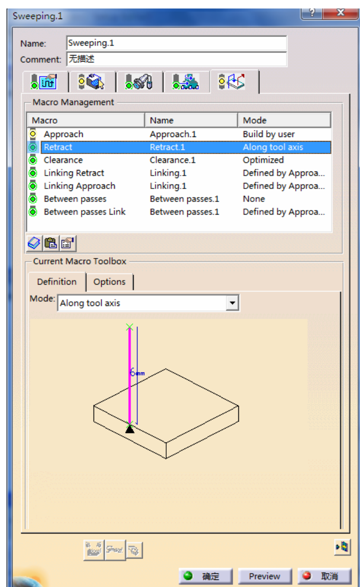
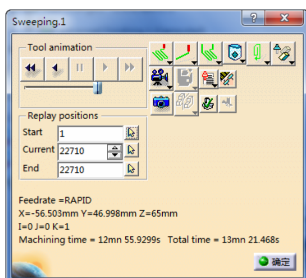


图 3-252 设置“Retract”参数（12）



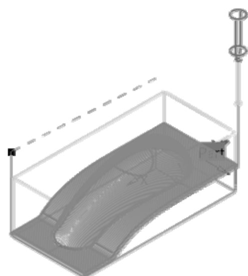


图 3-253 刀具路径轨迹（15）

● 单击图 3-253 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（15），如图 3-254 所示。

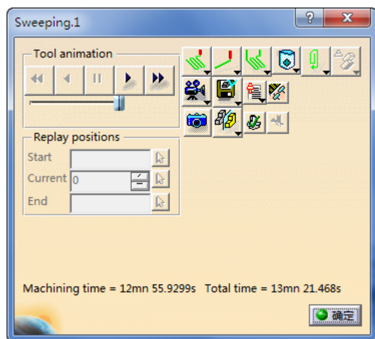




图 3-254 实体切削仿真（15）

7. **清根加工**

在特征树中选择 Sweeping.1，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Pencil”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Pencil 按钮，弹出“Pencil.1”对话框，如图 2-255 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（16）。单击“Pencil.1”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 3-256 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

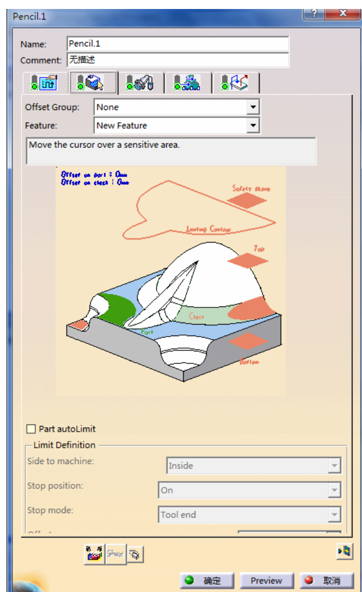


图 3-255　“Pencil.1”对话框

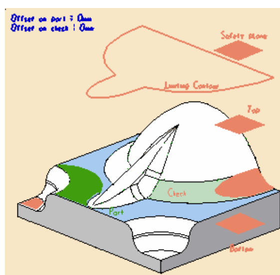


图 3-256　定义加工区域（16）

● 定义零件余量（16）。双击“Pencil.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 3-257 所示。

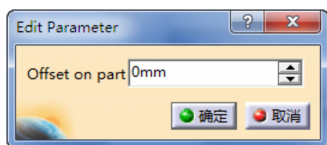


图 3-257　定义零件余量（16）

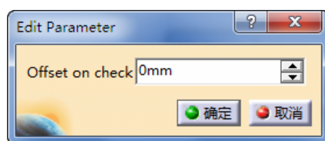


图 3-258　定义检查余量（16）

● 定义检查余量（16）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 3-258 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pencil.1”对话框中的图标，切换到刀具参数选项卡（13），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D2”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 3-259 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（13）如图 3-260 所示。

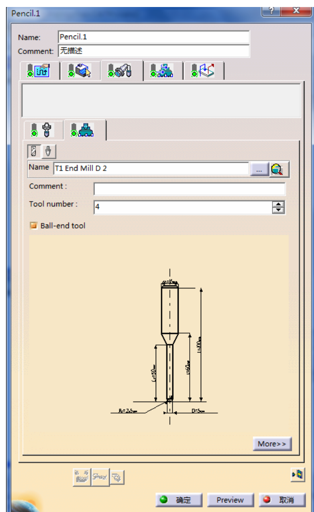


图 3-259　刀具参数选项卡（13）

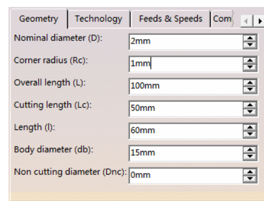


图 3-260　定义刀具参数（13）

3）定义刀具路径参数。单击“Pencil.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 在“Machining”选项卡（16）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，如图 3-261 所示。
- 在“Axial”选项卡（12）的“Multi-pass”下拉列表中选择“Number of levels and Maximum cut depth”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 3-262 所示。

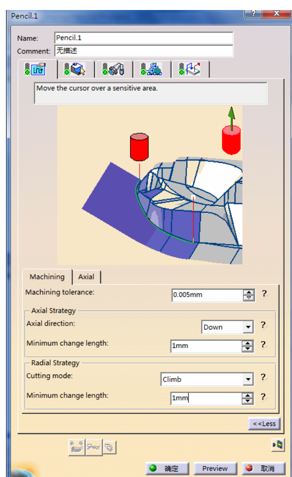


图 3-261　“Machining”选项卡（16）

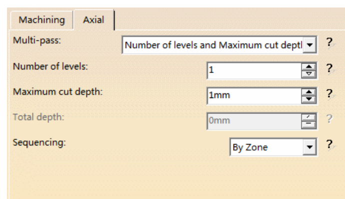


图 3-262　“Axial”选项卡（12）

4）定义进给率。单击“Pencil.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（13），如图 3-263 所示。

5）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Pencil.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Pencil.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（16），如图 3-264 所示。

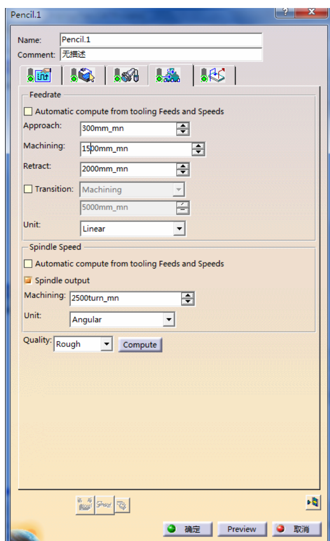
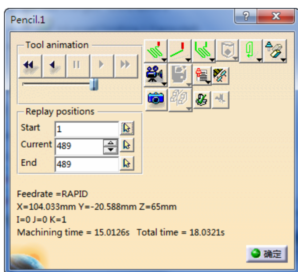


图 3-263　进给率参数选项卡（13）



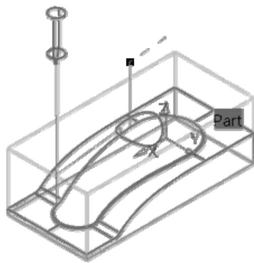
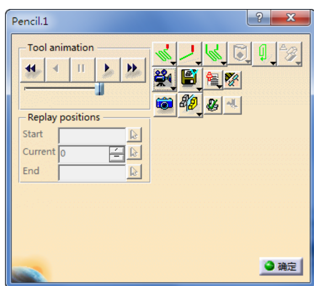


图 3-264　刀具路径轨迹（16）

● 单击图 3-264 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（16），如图 3-265 所示。



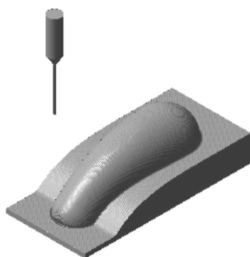


图 3-265　实体切削仿真（16）

6）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 3 章\3.3\completed\yinqingzhao. CATProcess）。

3.3.5　实例总结

本节以飞机引擎罩凸模为例，讲解了 CATIA V5 R20 凸模模具零件三轴铣削数控加工的一般方法和具体应用。读者通过学习可以体会到，凸模的加工过程与凹模的加工过程基本相同，所用的加工方法与凹模加工方法也大致相同。

第 4 章　CATIA V5 R20 四轴铣削加工实例

四轴数控铣削加工原理是通过具有 3 根直线运动轴 *X*、*Y*、*Z* 和 1 个旋转轴 *A*（或 *B* 轴）的数控机床来实现，具有一定的特殊性。本章按照由浅入深的原则，通过 3 个具体实例来讲解 CATIA V5 R20 四轴铣削加工的基本流程和实际应用。

4.1　入门实例——铣刀刀槽四轴数控铣削加工

4.1.1　实例描述

铣刀零件如图 4-1 所示，有 4 条切削刃和 4 个排屑槽，外形结构比较复杂。材料为工具钢，工件底部安装在旋转分度头上。

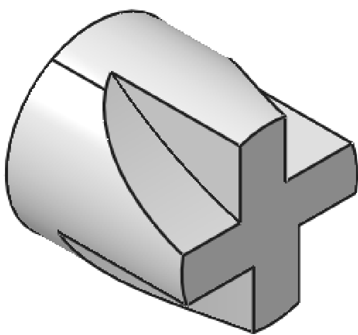


图 4-1　铣刀刀槽

4.1.2　加工方法分析

铣刀刀头根据数控加工工艺要求，采用多轴投影加工，通过固定刀轴方式实现一个凹槽精加工，然后利用刀具路径变换功能（相当于工作台旋转功能）来实现其余槽的加工。

4.1.3　加工流程与所用知识点

铣刀刀槽数控加工的设计流程和知识点见表 4-1。

表 4-1　铣刀刀槽数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	安全平面
Step 4：投影精加工	投影精加工是以一系列与刀具轴线（Z 轴）平行的平面与零件的加工表面相交得到的刀具路径	
Step 5：创建先进精加工（半精加工）	先进精加工是指在零件的陡峭面上采用等高线精加工，而在水平区域采用轮廓驱动精加工	

4.1.4 具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“xidao.catpart”（随书光盘：\第 4 章\4.1\uncompleted\xidao.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（1）如图 4-2 所示。

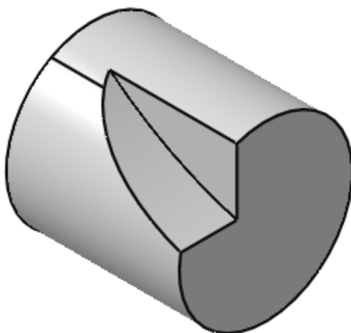


图 4-2 打开的模型文件（1）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（1），如图 4-3 所示。

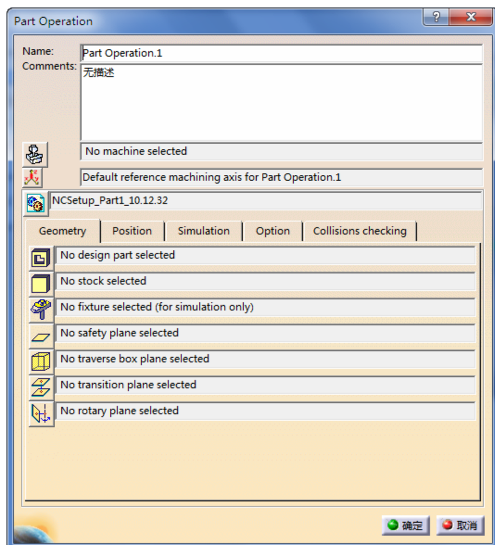


图 4-3 “Part Operation”对话框（1）

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（1），选择“5-axis Machine.1”，如图 4-4 所示。

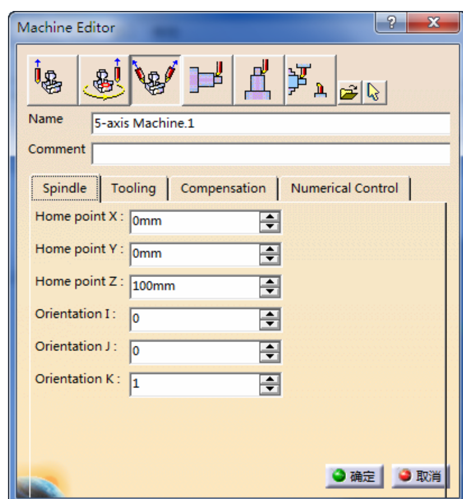


图 4-4　“Machine Editor”对话框（1）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1），如图 4-5 所示。

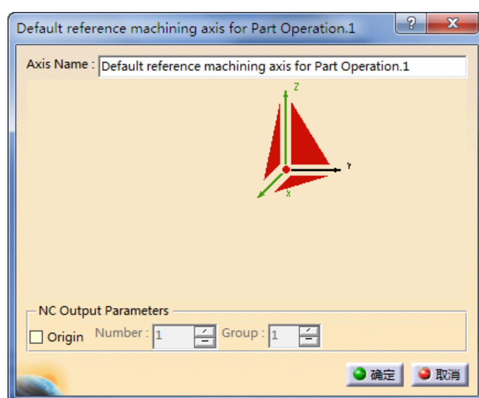


图 4-5　“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中，输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击“确定”按钮，系统接收默认坐标系，定义加工坐标系（1）如图 4-6 所示。

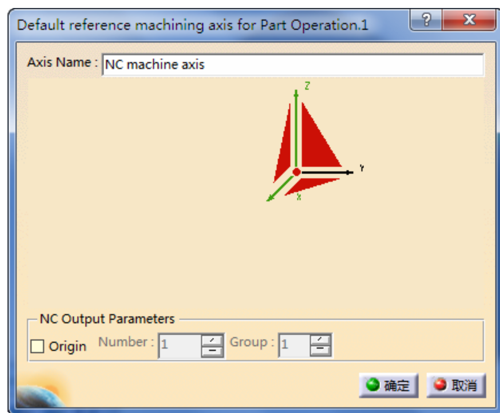


图 4-6　定义加工坐标系（1）

4）定义目标加工零件（1）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 4-7 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（1）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 4-8 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

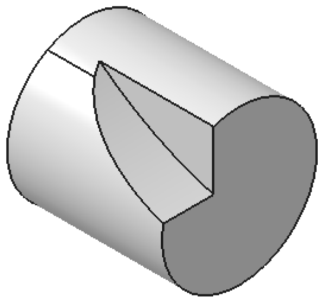


图 4-7　定义目标加工零件（1）

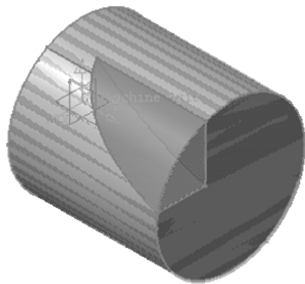


图 4-8　定义毛坯零件（1）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

- 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择 *XY* 表面，系统创建安全平面（1）如图 4-9 所示。
- 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（1）中选择“Offset”命令，如图 4-10 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“100”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（1）如图 4-11 所示。

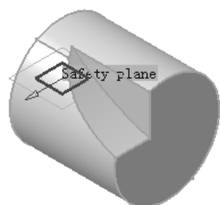


图 4-9　创建安全平面（1）

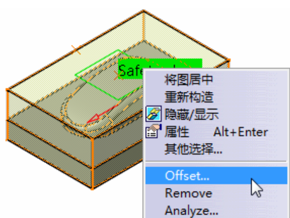


图 4-10　快捷菜单（1）

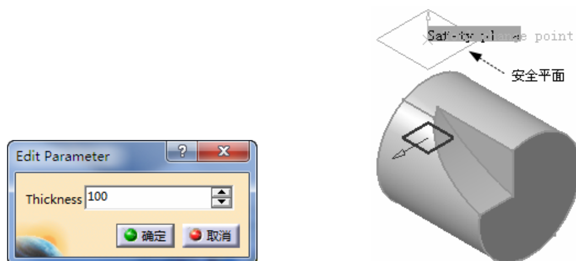


图 4-11　创建的安全平面（1）

3. 投影精加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Sweeping”命令，弹出“Multi-Axis Sweeping.1”对话框，如图 4-12 所示。

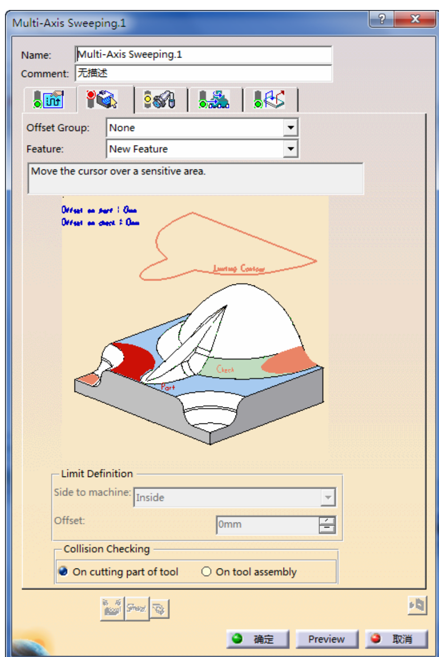


图 4-12　“Multi-Axis Sweeping.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（1）。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 4-13 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

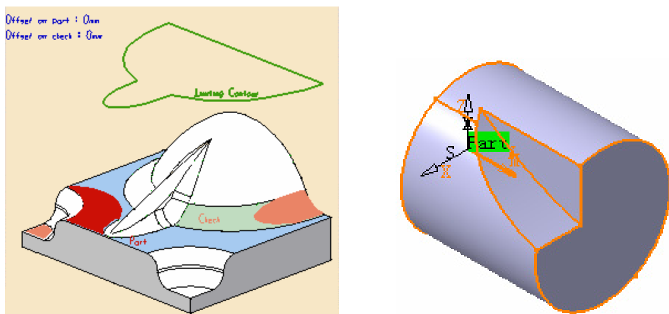


图 4-13 定义加工区域（1）

● 单击“边界感应区”，选择如图 4-14 所示边线作为加工边界，双击空白处返回，设置边界如图 4-14 所示。

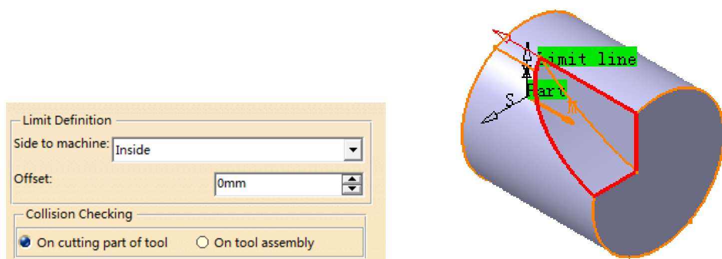


图 4-14 设置边界

● 定义零件余量（1）。双击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-15 所示。

● 定义检查余量（1）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-16 所示。

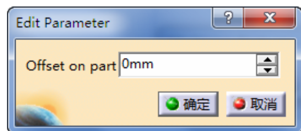


图 4-15 定义零件余量（1）

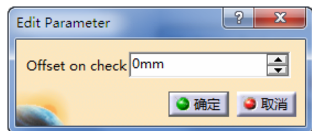


图 4-16 定义检查余量（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到刀具参数选项项

卡（1），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 4-17 所示。

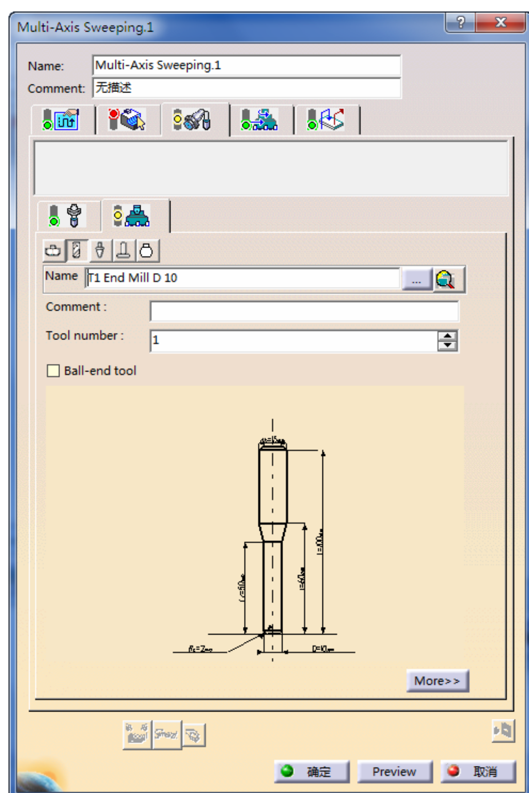


图 4-17　刀具参数选项卡（1）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（1）如图 4-18 所示。

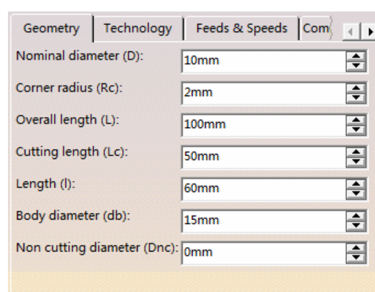


图 4-18　定义刀具参数（1）

3）定义刀具路径参数。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，

切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（1）的，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，如图 4-19 所示。

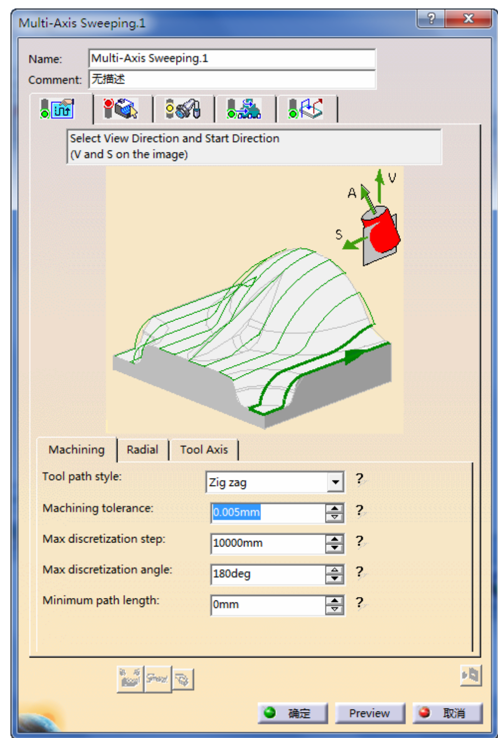


图 4-19 “Machining”选项卡（1）

● 在“Radial”选项卡（1）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005mm”，如图 4-20 所示。

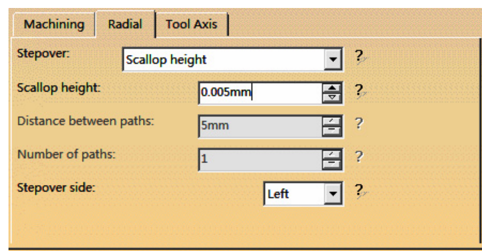


图 4-20 “Radial”选项卡（1）

● 在“Tool Axis”选项卡（1）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Fixed axis”，如图 4-21 所示。

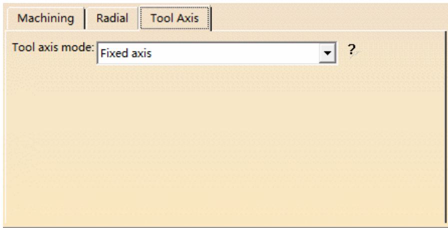


图 4-21　“Tool Axial”选项卡

4）定义进给率。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（1），如图 4-22 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到“进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（1）如图 4-23 所示。

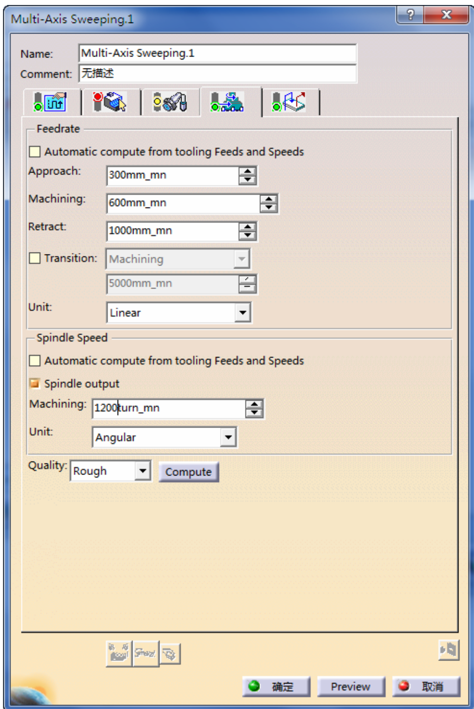


图 4-22　进给率参数选项卡（1）

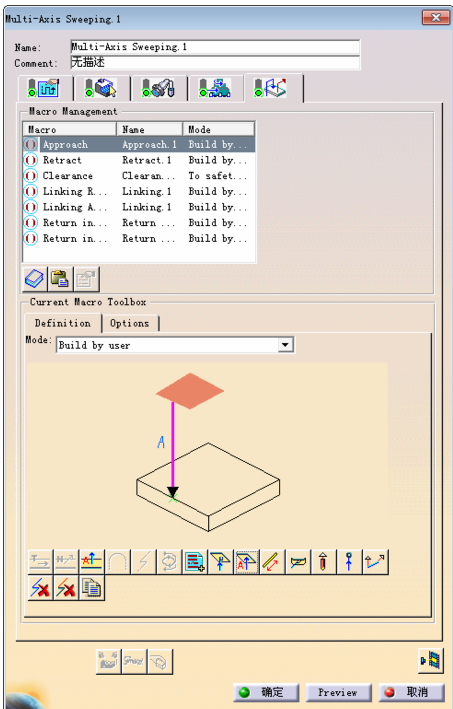


图 4-23　设置“Approach”参数（1）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by

user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（1）如图 4-24 所示。

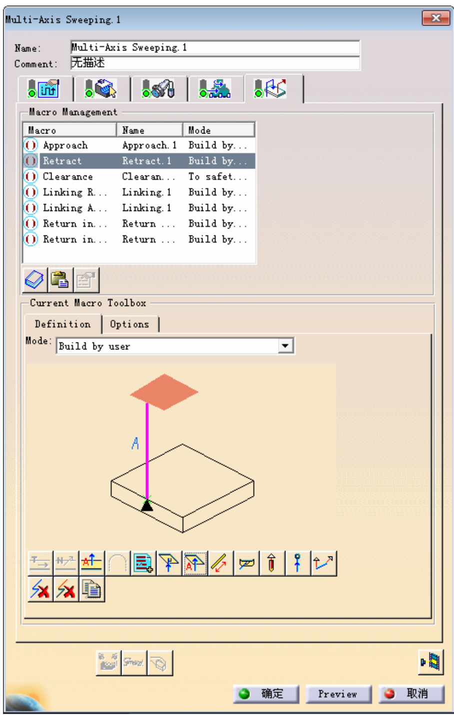
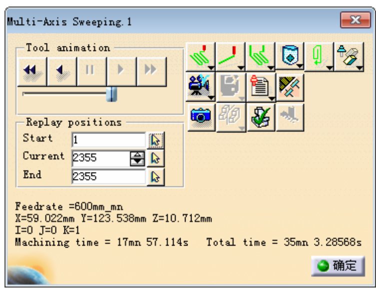


图 4-24 设置“Retract”参数（1）

6）刀具路径仿真，具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Axis Sweeping.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（1）如图 4-25 所示。



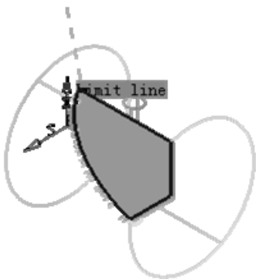


图 4-25 刀具路径轨迹（1）

● 单击图 4-25 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（1）如图 4-26 所示。

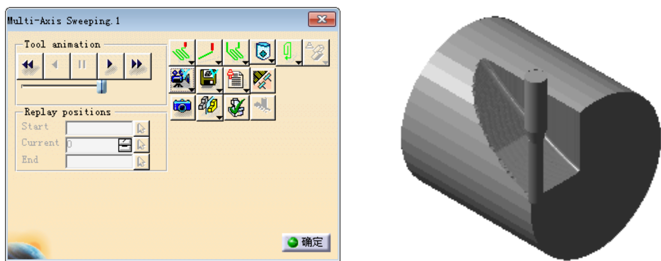


图 4-26　实体切削仿真（1）

4. 刀具路径变换

1）刀具路径锁定。在特征树中右击“Multi-Axis Sweeping.1（Computed）”节点，在弹出的快捷菜单中选择“Multi-axis Sweeping.1”→“Lock”命令，锁紧刀具路径，如图 4-27 所示。

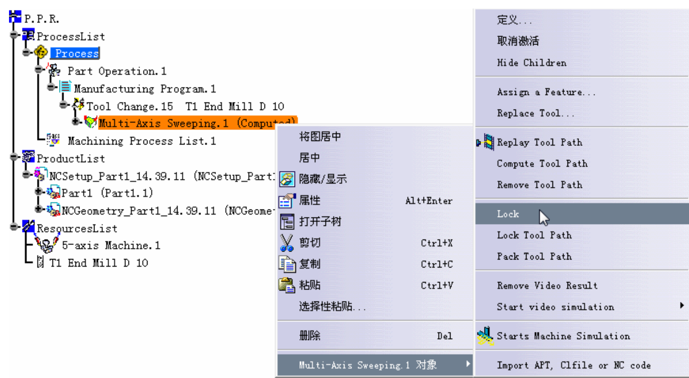


图 4-27　锁紧刀具路径

2）刀具路径复制。在特征树上选择“Multi-Axis Sweeping.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“复制”命令，然后依次（3 次）选择“粘贴”命令，刀具路径复制如图 4-28 所示。

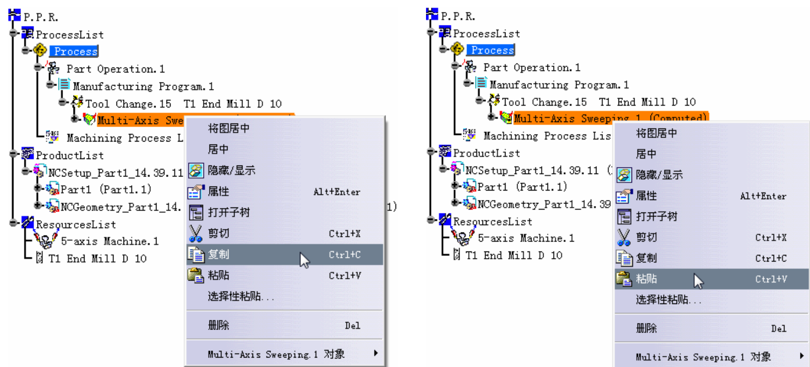


图 4-28　刀具路径复制

3）刀具路径旋转。其具体操作步骤如下：

● 展开“Multi-Axis Sweeping.2”节点。右击 Tool path 节点，在弹出的快捷菜单中选择 Tool path 对象→Edit 命令，弹出“Multi-Axis Sweeping.2”对话框，如图 4-29 所示。

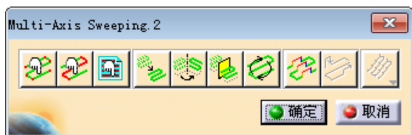


图 4-29 “Multi-Axis Sweeping.2”对话框

● 设置旋转角度。单击 Rotation 按钮，然后双击图形区中的“Angle=0”，在弹出的“Angle”对话框中输入“90”（°），单击“确定”按钮，如图 4-30 所示。

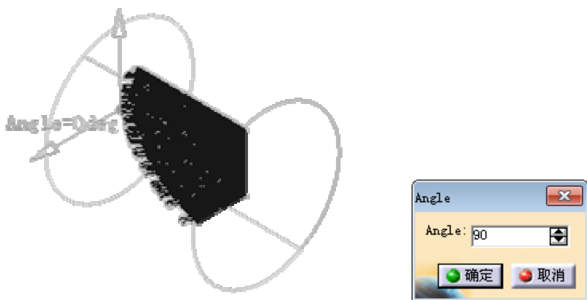


图 4-30 设置旋转角度

● 选择旋转轴。在图形区双击圆柱体的轴线，选择该轴线为旋转轴，如图 4-31 所示，然后单击“Multi-Axis Sweeping.2”对话框中的“确定”按钮，完成刀具路径旋转。

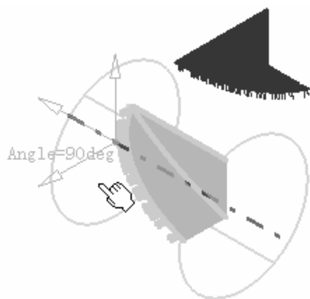
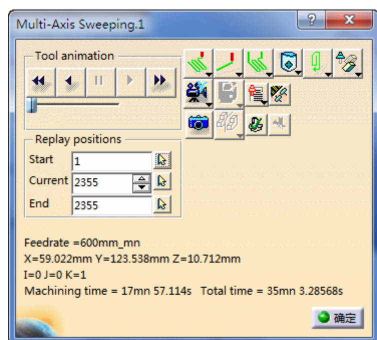


图 4-31 选择旋转轴

● 单击“Multi-Axis Sweeping.2”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Axis Sweeping.2”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（2），如图 4-32 所示。



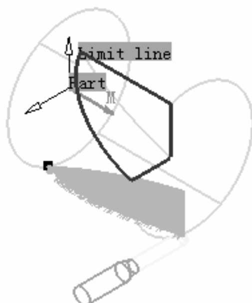
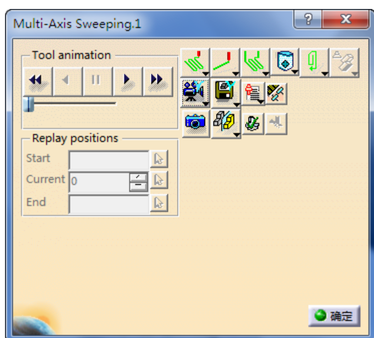


图 4-32 刀具路径轨迹（2）

● 单击图 4-32 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（2），如图 4-33 所示。



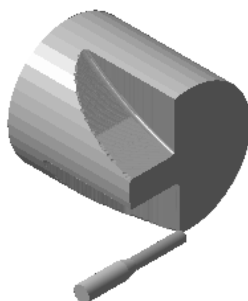


图 4-33 实体切削仿真（2）

4）重复步骤“3）”，“Multi-Axis Sweeping.3”刀具路径旋转 180°，如图 4-34 所示。

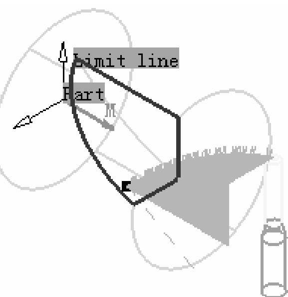
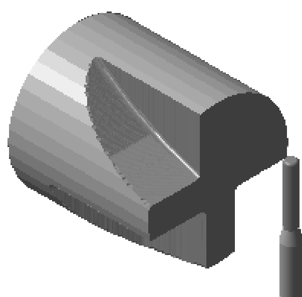



图 4-34 刀具路径旋转 180°

5）重复步骤“3）”，将“Multi-Axis Sweeping.4”刀具路径旋转 270°，如图 4-35 所示。

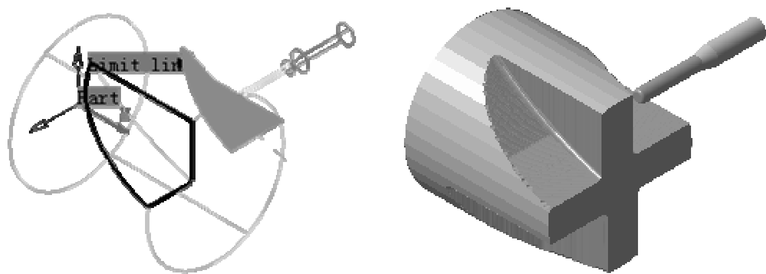


图 4-35 刀具路径旋转 270°

6）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 4 章\4.1\completed\xidao.CATProcess）。

4.1.5 实例总结

本节以铣刀刀槽为例，讲解了 CATIA V5 R20 的四轴铣削数控加工的一般方法和具体步骤，读者在学习过程中需要注意：在四轴铣削数控加工中将旋转轴当做分度头来使用，先加工 1 个区域，然后利用刀具路径变换功能（分度头的旋转功能）将上述加工复制，进行其他相同区域的加工。

4.2 提高实例——空间凸轮四轴数控铣削加工

4.2.1 实例描述

空间凸轮如图 4-36 所示，在圆柱表面分布两个螺旋槽，槽宽为 6mm，槽深为 5mm，工件两端装夹在旋转台上。

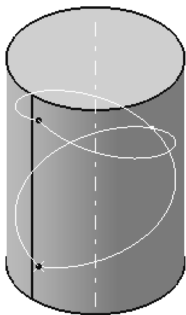


图 4-36 空间凸轮

4.2.2 加工方法分析

空间凸轮根据数控加工工艺的要求，先加工圆柱面，然后加工螺旋槽。

1）圆柱面加工。圆柱面采用沿面精加工，刀具为ϕ10mm 的球刀，刀轴采用“Normal to drive surface”。

2）螺旋槽加工。采用多曲线精加工，刀具路径跟随螺旋线，通过设置刀轴为“Normal to line”实现到四轴加工，刀具为ϕ6mm、R1mm 的圆角刀。

4.2.3　加工流程与所用知识点

空间凸轮数控加工的设计流程和知识点见表 4-2。

表 4-2　空间凸轮数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知 识 点	设计流程效果图
Step 1： 打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2： 创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3： 定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4： 沿面精加工外圆柱面	沿面精加工就是由加工曲面等参数线 *U*、*V* 来确定刀具路径，用户需要选取加工曲面和 4 个端点作为几何参数	

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 5： 多轴曲线加工凸轮槽	多轴曲线加工是指刀具沿曲线设置刀轴方向，生成刀具路径	

4.2.4　具体操作步骤

1．打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“tulun.catpart”（随书光盘：\第 4 章\4.2\uncompleted\tulun.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（2）如图 4-37 所示。

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2．定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（2），如图 4-38 所示。

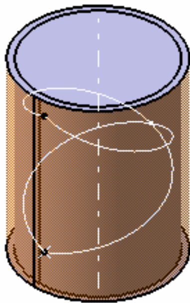


图 4-37　打开的模型文件（2）

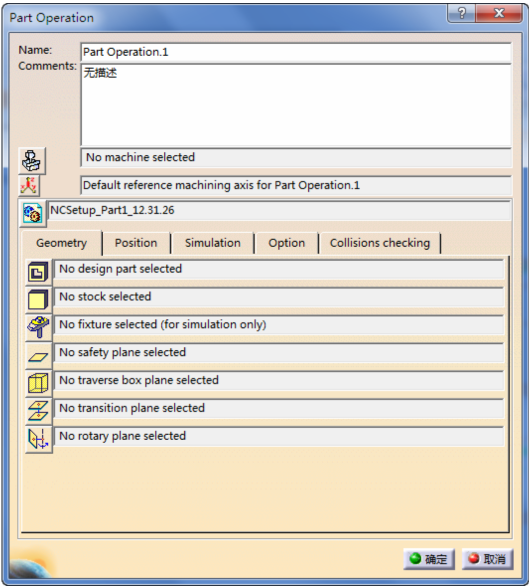


图 4-38　“Part Operation”对话框（2）

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（2），选择“3-axis With Rotary Table Machine.1”，如图 4-39 所示。

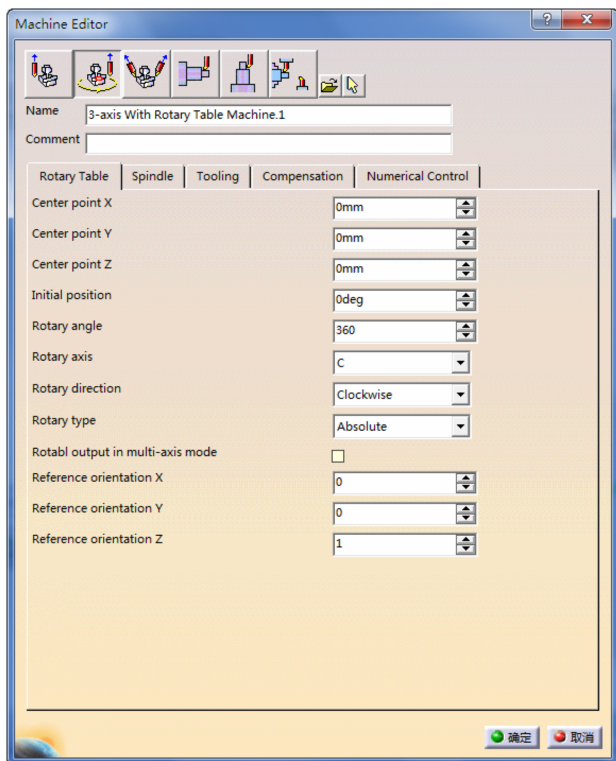


图 4-39　“Machine Editor”对话框（2）

注意

在“Rotary axis”下拉列表中选择“C”，表示机床或转台的旋转轴为机床的 *Z* 轴，在“Rotary angle”文本框中输入“360”（°），表示旋转轴可在 360°范围内旋转。

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

- 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2），如图 4-40 所示。
- 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击“确定”按钮接收默认坐标系，定义加工坐标系（2）如图 4-41 所示。

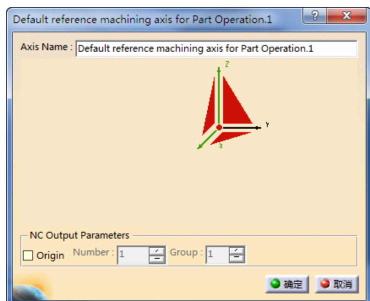


图 4-40 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）

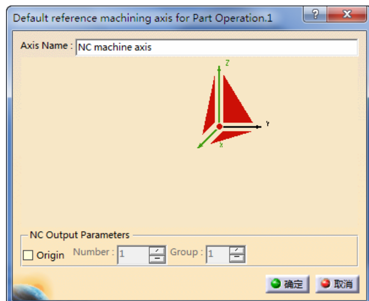


图 4-41 定义加工坐标系（2）

4）定义目标加工零件（2）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 4-42 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（2）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 4-43 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

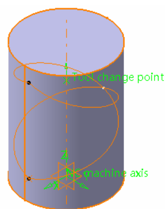


图 4-42 定义目标加工零件（2）

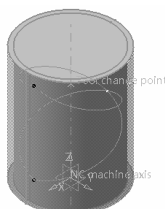


图 4-43 定义毛坯零件（2）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，选择毛坯上表面，系统创建安全平面（2）如图 4-44 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（2）中选择“Offset”命令，如图 4-45 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“30”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（2）如图 4-46 所示。

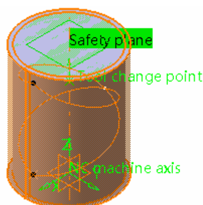


图 4-44 创建安全平面（2）

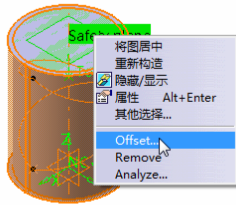


图 4-45 快捷菜单（2）

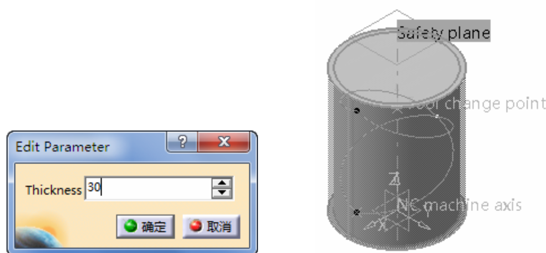


图 4-46　创建的安全平面（2）

3. 沿面精加工外圆柱面

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的“Isoparametric Machining”按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框（1）如图 4-47 所示。

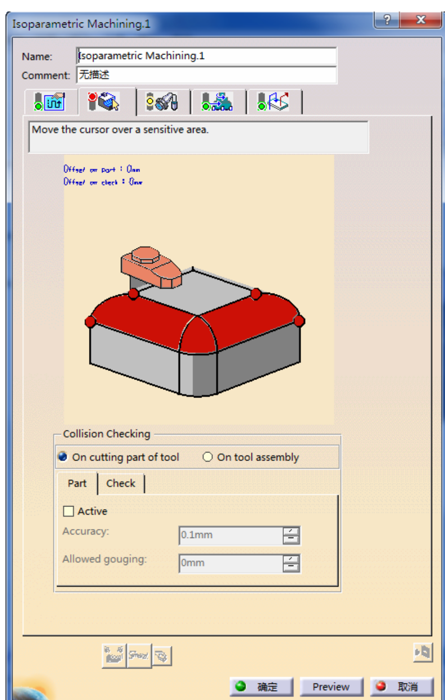


图 4-47　“Isoparametric Machining.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

- 定义加工区域（2）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择圆柱面作为加工对象，如图 4-48 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

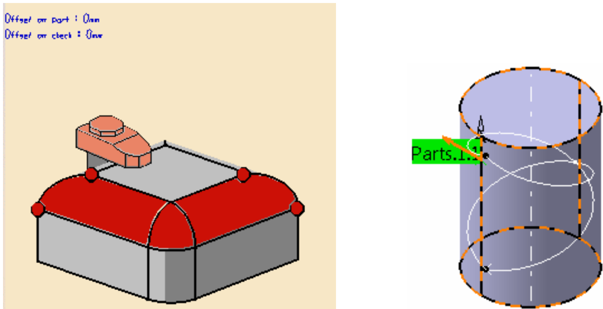


图 4-48　定义加工区域（2）

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的端点感应区，在图形区选择端点（1）如图 4-49 所示，系统会自动选取其他 3 个端点，双击空白处返回。

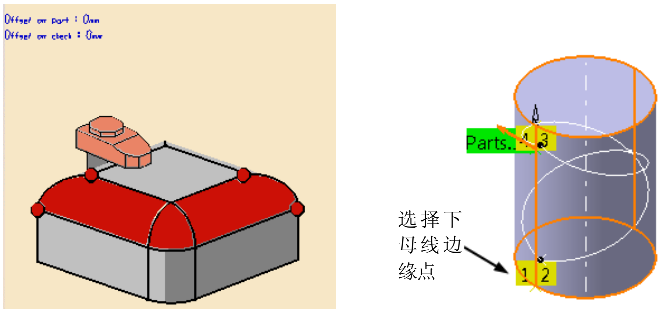


图 4-49　选择端点（1）

● 定义零件余量（2）。双击“Isoparametric Machining.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-50 所示。

● 定义检查余量（2）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-51 所示。

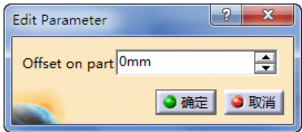


图 4-50　定义零件余量（2）



图 4-51　定义检查余量（2）

2）定义刀具参数，具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的图标，切换到刀具参数选项卡（2），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 4-52 所示。

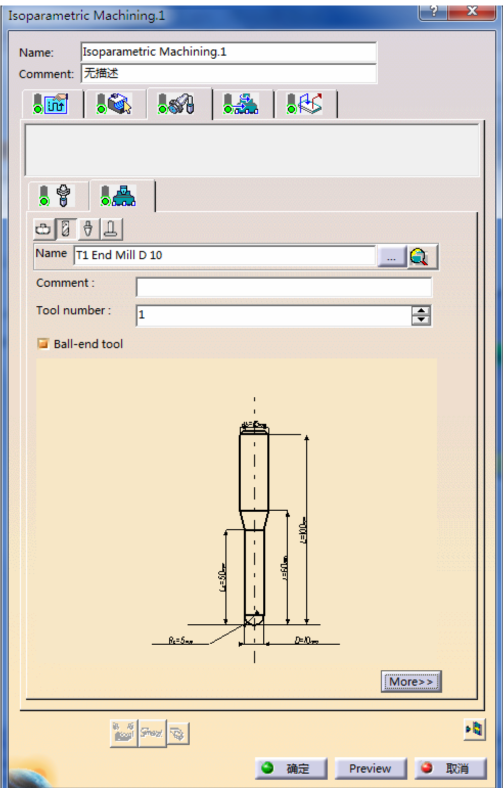


图 4-52　刀具参数选项卡（2）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（2）如图 4-53 所示。

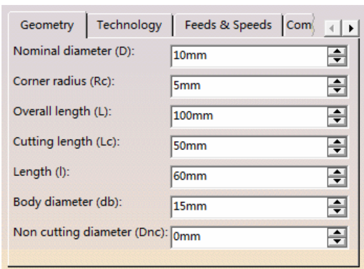


图 4-53　定义刀具参数（2）

3）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（2）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005”mm，如图 4-54 所示。

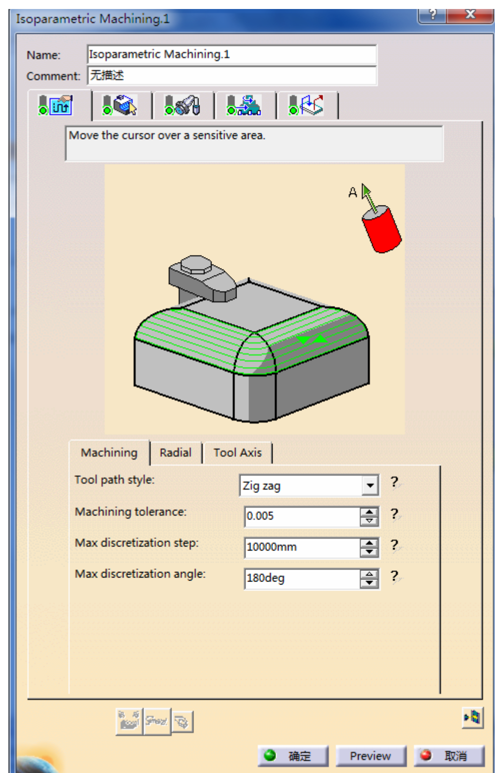


图 4-54 “Machining”选项卡（2）

● 在“Radial”选项卡（2）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.005”mm，如图 4-55 所示。

● 在“Tool Axis”选项卡（2）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Normal to drive surface”，如图 4-56 所示。

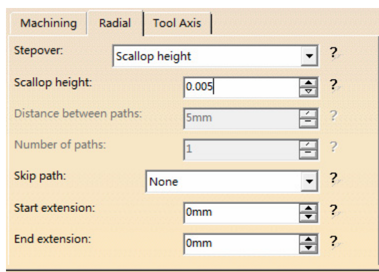


图 4-55 “Radial”选项卡（2）

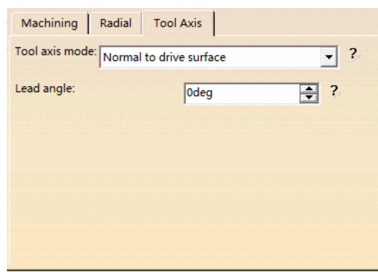


图 4-56 “Tool Axis”选项卡（2）

● 单击驱动曲面感应区，选择刀轴驱动曲面（1）如图 4-57 所示，双击空白处返回。

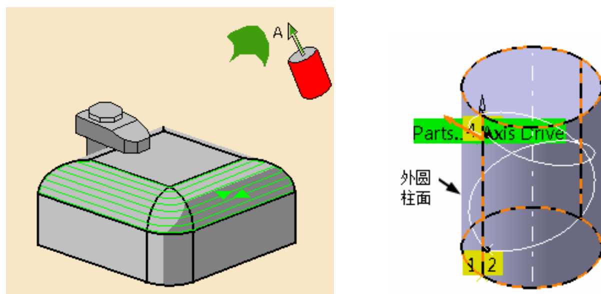


图 4-57　选择刀轴驱动曲面（1）

4）定义进给率。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（2），如图 4-58 所示。

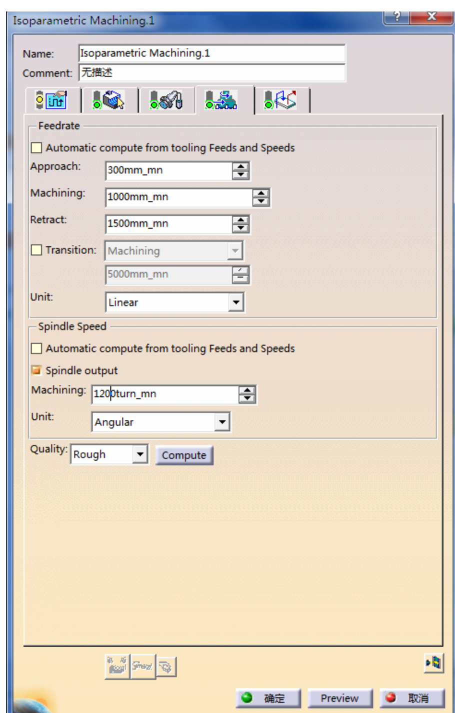


图 4-58　进给率参数选项卡（2）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（2）如图 4-59 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（2）如图 4-60 所示。

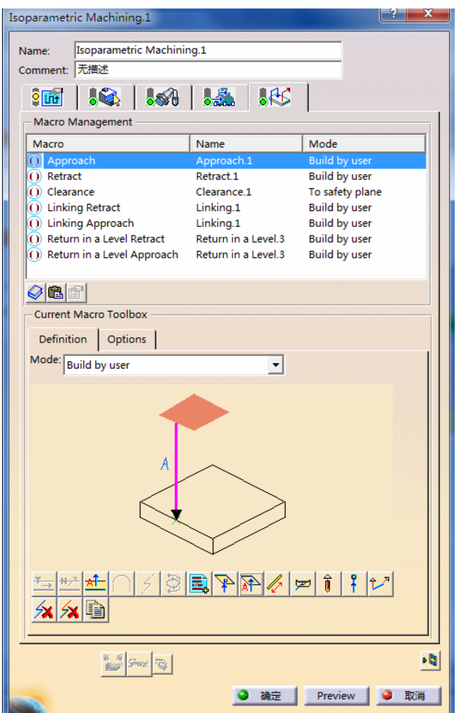


图 4-59 设置“Approach”参数（2）

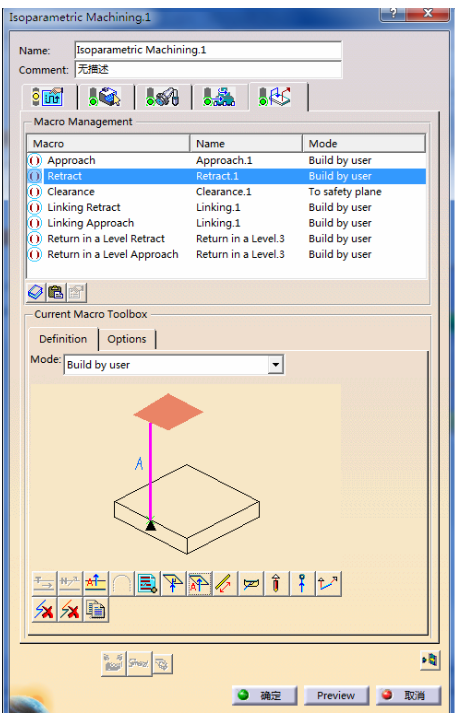
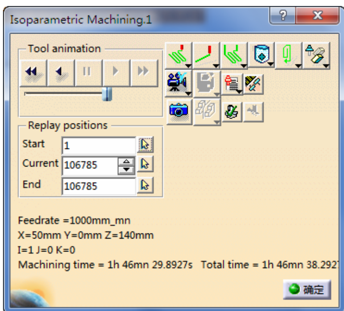


图 4-60 设置“Retract”参数（2）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框（1）中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（3），如图 4-61 所示。



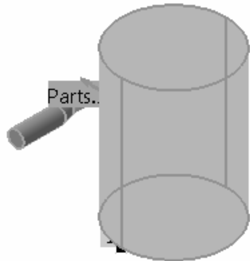
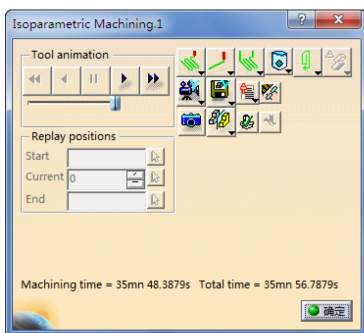


图 4-61 刀具路径轨迹（3）

● 单击图 4-61 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（3）如图 4-62 所示。



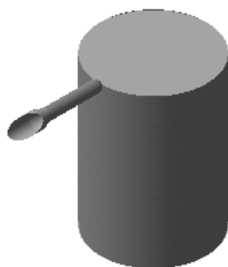


图 4-62　实体切削仿真（3）

4. *多轴曲线加工凸轮槽（一）*

在特征树中选择“Isoparametric Machining.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Curve Machining”命令，弹出“Multi-Axis Curve Machining”对话框，如图 4-63 所示。

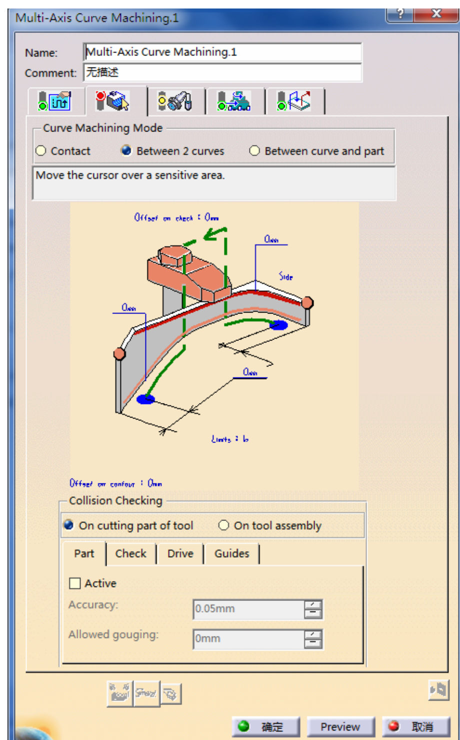


图 4-63　“Multi-Axis Curve Machining”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域。单击“Multi-Axis Curve Machining”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中引导曲线感应区，选择如图 4-64 所示的螺旋线作为引导曲线，在空白处双击鼠标左键返回。

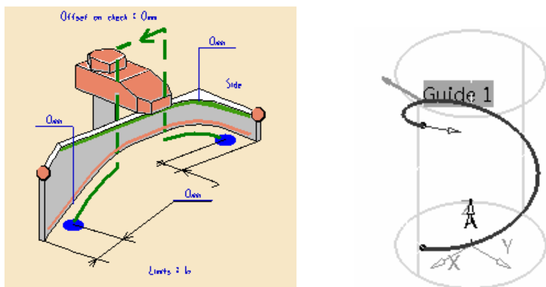


图 4-64 选择引导曲线

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（3），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D6”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 4-65 所示。

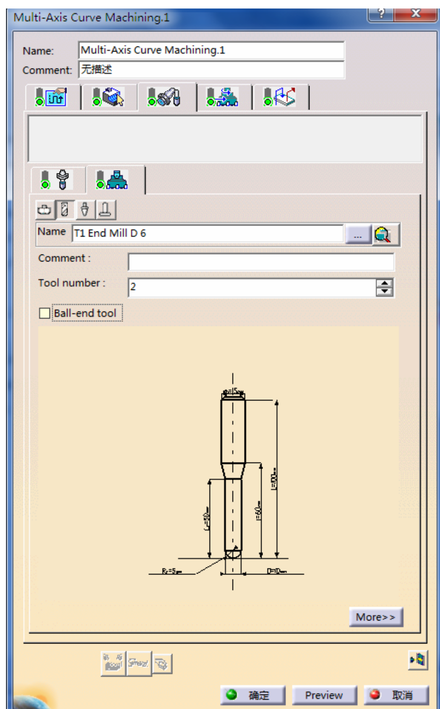


图 4-65 刀具参数选项卡（3）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（3）如图 4-66 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（3）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.005mm”，如图 4-67 所示。

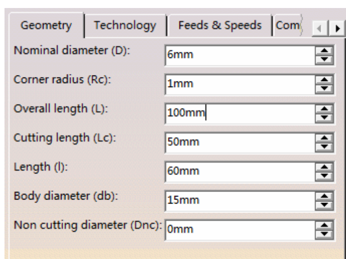


图 4-66　定义刀具参数（3）

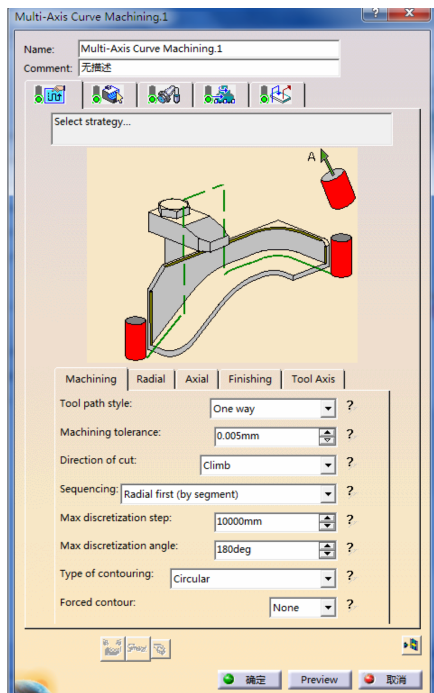


图 4-67　“Machining”选项卡（3）

● 在“Radial”选项卡（3）的“Number of paths”文本框中输入“1”，其他参数如图 4-68 所示。

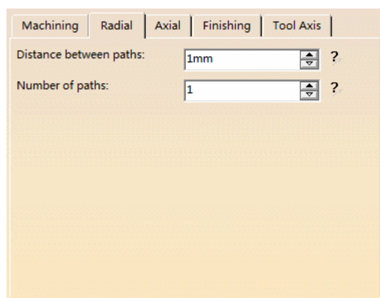


图 4-68　“Radial”选项卡（3）

● 在“Axial”选项卡（2）的“Maximum cut depth”文本框中输入“1mm”，在“Number of levels”文本框中输入 1，如图 4-69 所示。

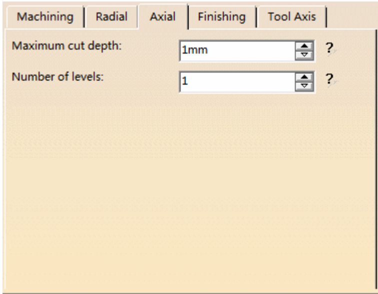


图 4-69 “Axial”选项卡（2）

● 在“Tool Axis”选项卡（3）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Normal to line”，如图 4-70 所示。

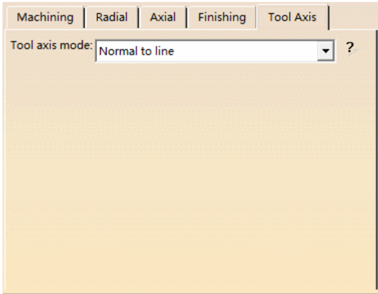


图 4-70 “Tool Axis”选项卡（3）

● 单击刀轴感应区，选择如图 4-71 所示的轴线作为刀轴垂直轴线（1），双击空白处返回。

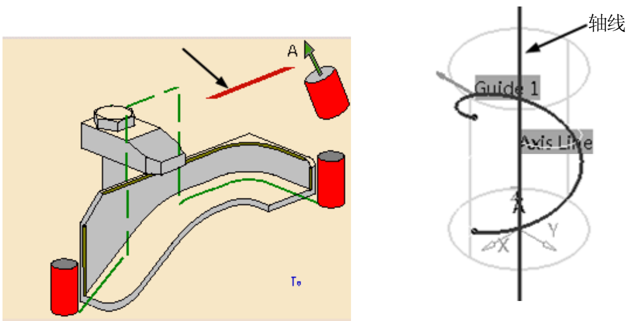


图 4-71 选择刀轴垂直轴线（1）

● 反转刀轴方向（1）。单击“To”，将“To”改变成“From”，反转刀轴方向如图 4-72 所示。

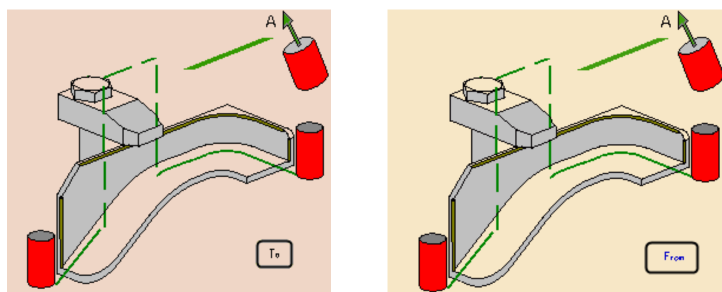


图 4-72　反转刀轴方向（1）

4）定义进给率。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），如图 4-73 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到“进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（3）如图 4-74 所示。

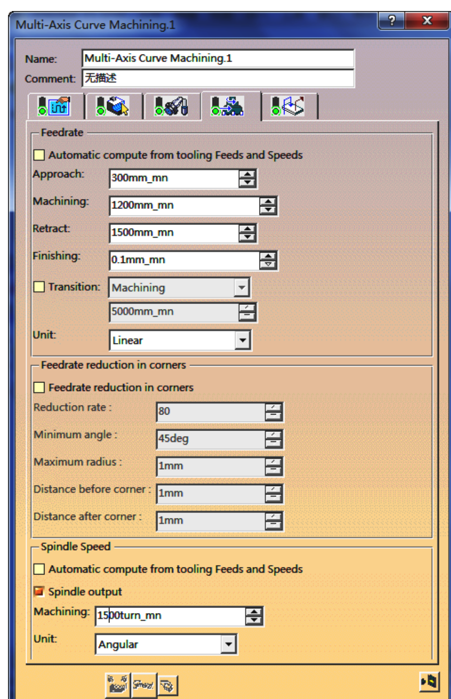


图 4-73　进给率参数选项卡（3）

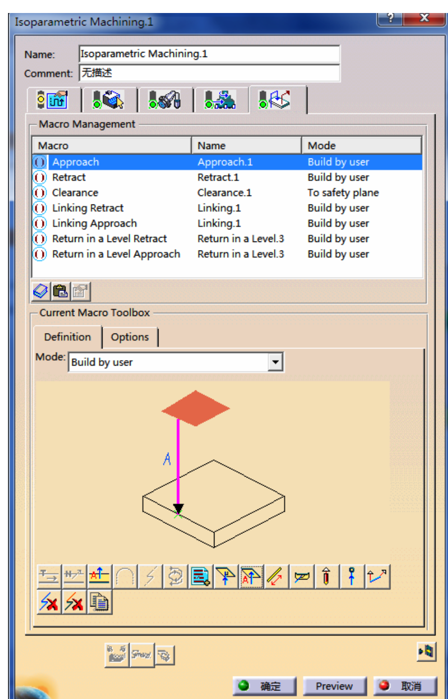


图 4-74　设置“Approach”参数（3）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（3）如图 4-75 所示。

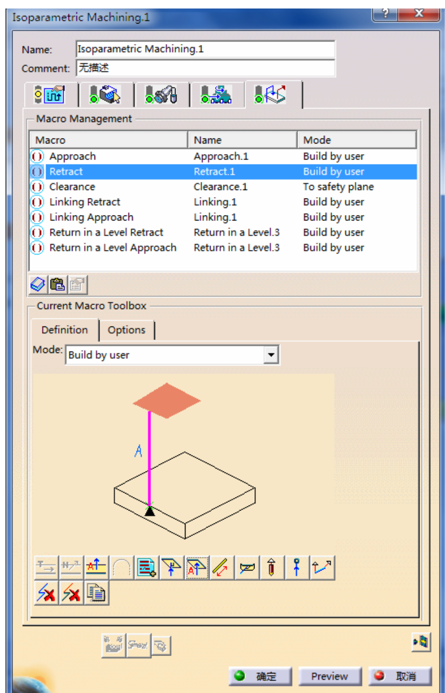


图 4-75 设置“Retract”参数（3）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（4）如图 4-76 所示。

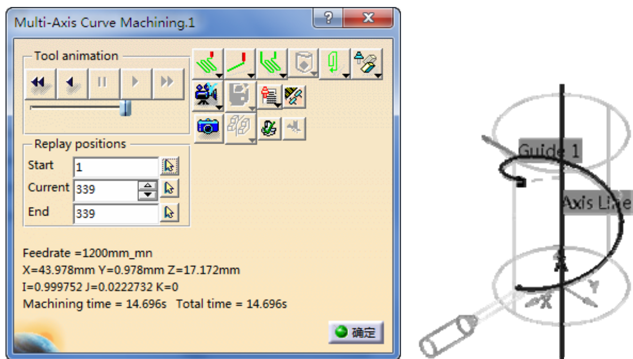


图 4-76 刀具路径轨迹（4）

● 单击图 4-76 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（4）如图 4-77 所示。

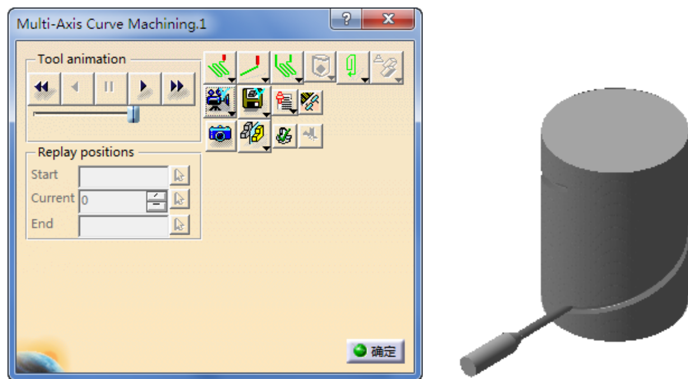


图 4-77　实体切削仿真（4）

5. ***多轴曲线加工凸轮槽（二）***

1）重复 4.2.4 之 4 所有步骤，显示另外一侧的刀具路径轨迹并进行实体切削仿真，如图 4-78 所示。

2）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 4 章\4.2\completed\tulun.CATProcess）。

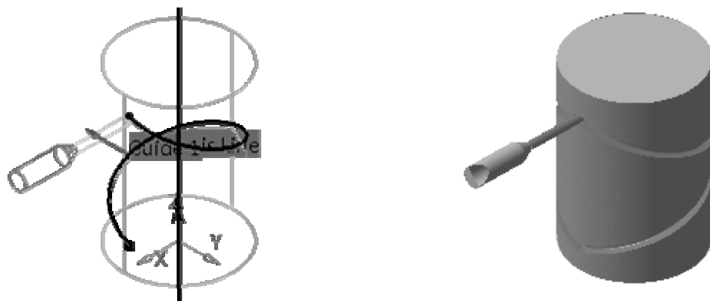


图 4-78　刀具路径轨迹和实体切削仿真

4.2.5　实例总结

本节讲解了 CATIA V5 R20 空间凸轮四轴铣削数控加工的方法和具体步骤，读者在学习过程中要注意：四轴曲面加工中常用的是沿面精加工，在应用时要设置刀轴方向，使刀轴与机床的旋转轴相对应，四轴曲线加工为多轴加工，同样也要设置相应四轴刀轴。

4.3 经典实例——叶片四轴数控铣削加工

4.3.1 实例描述

叶片如图 4-79 所示，由螺旋曲面组成。材料为 45 钢。工件榫头安装在工作台上。

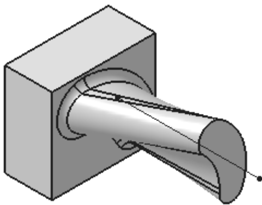


图 4-79 叶片

4.3.2 加工方法分析

叶片根据数控加工工艺要求，采用沿面精加工来完成螺旋曲面加工，刀具为ϕ10mm 的球刀。

4.3.3 加工流程与所用知识点

叶片数控加工的设计流程和知识点见表 4-3。

表 4-3 叶片数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知 识 点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4：多轴沿面精加工叶片表面	刀轴垂直于轴线方式实现四轴加工	

4.3.4　具体操作步骤

1．**打开模型文件进入加工环境**

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“yepian.catpart”（随书光盘：\第 4 章\4.3\uncompleted\ yepian.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（3）如图 4-80 所示。

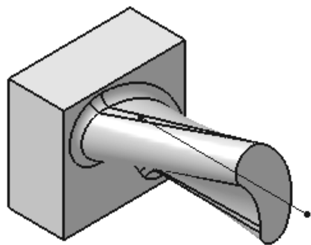


图 4-80　打开的模型文件（3）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2．**创建毛坯零件**

1）单击“Geometry Management”工具栏上的 Creates rough stock 按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框，激活“Part body”编辑框，选择如图 4-80 所示的模型零件为目标加工零件。

2）在图形区，一个线框包围着整个零件，“Rough Stock”对话框下部将显示毛坯尺寸，编辑相关尺寸如图 4-81 所示。

3）单击“Rough Stock”对话框中的“确定”按钮，创建的毛坯零件如图 4-82 所示。

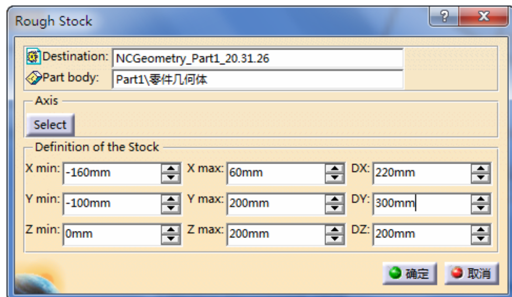


图 4-81　“Rough Stock”对话框

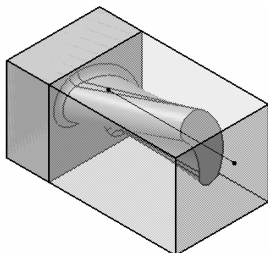


图 4-82　创建的毛坯零件

3．**定义零件操作**

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话

框（3），如图 4-83 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（3），选择“3-axis With Rotary Table Machine.1”，如图 4-84 所示。

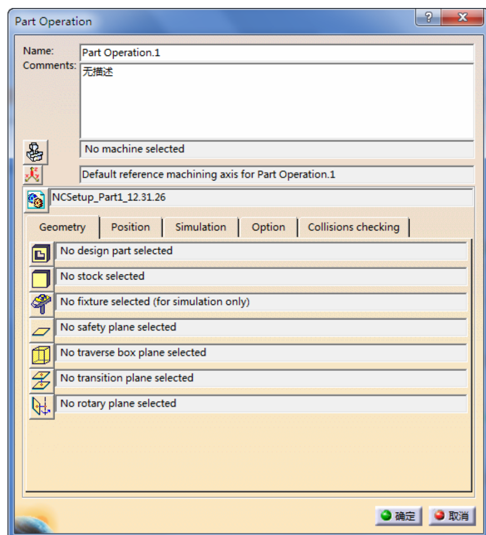


图 4-83 “Part Operation”对话框（3）

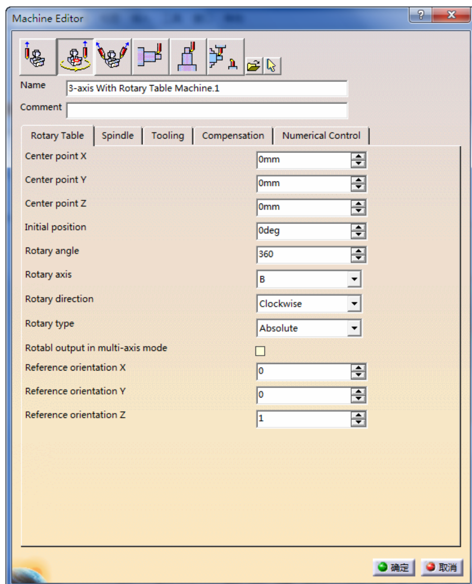


图 4-84 “Machine Editor”对话框（3）



注意

在“Rotary axis”下拉列表中选择 B，表示机床或转台的旋转轴为机床的 *Y* 轴，在“Rotary angle”文本框中输入“360”（度），表示旋转轴可在 360° 范围内旋转。

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

- 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（3），如图 4-85 所示。
- 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中，输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击“确定”按钮接收默认坐标系，定义加工坐标系（3）如图 4-86 所示。

4）定义目标加工零件（3）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 4-87 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（3）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 4-88 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

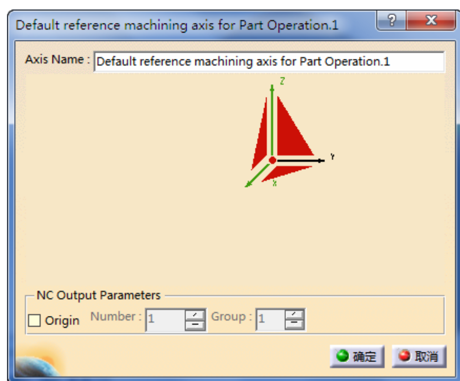


图 4-85　“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（3）

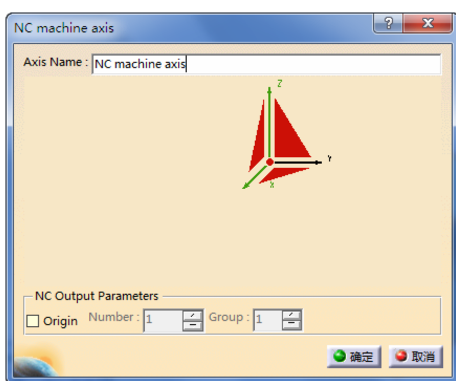


图 4-86　定义加工坐标系（3）

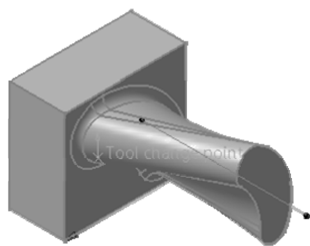


图 4-87　定义目标加工零件（3）

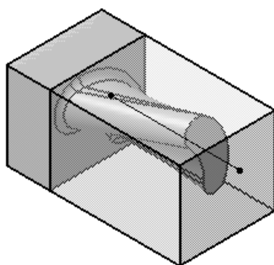


图 4-88　定义毛坯零件（3）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，选择模型的上表面，系统创建安全平面（3）如图 4-89 所示。

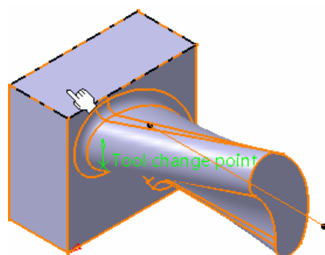


图 4-89　创建安全平面（3）

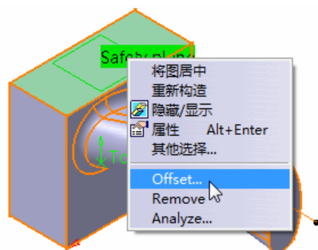


图 4-90　快捷菜单（3）

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（3）中选择“Offset”命令，如图 4-90 所示，系统弹出“Edit Parameter”对话框，如图 4-91 所示，在“Thickness”文本框中输入偏移值“30”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（3）如图 4-92 所示。

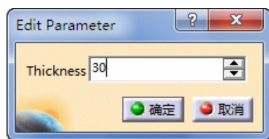


图 4-91 “Edit Parameter”对话框

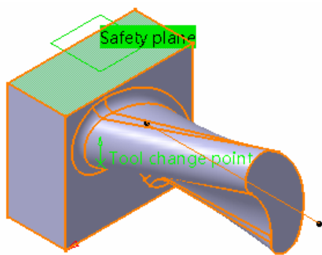


图 4-92 创建的安全平面（3）

4．多轴沿面精加工叶片表面

在特征树中选择 Manufacturing Program.1，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框（2），如图 4-93 所示。

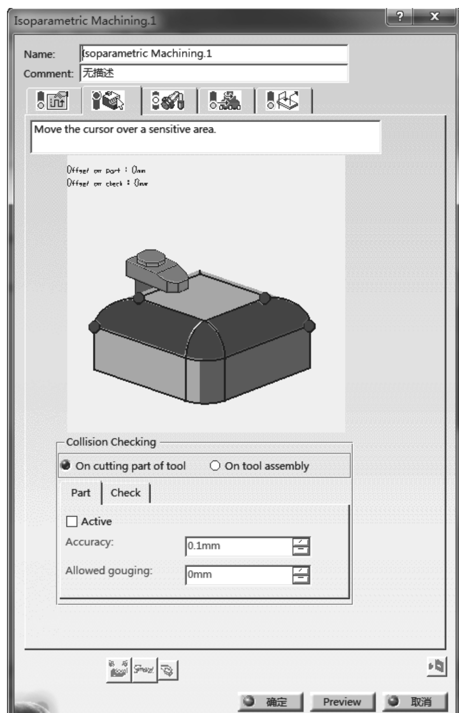
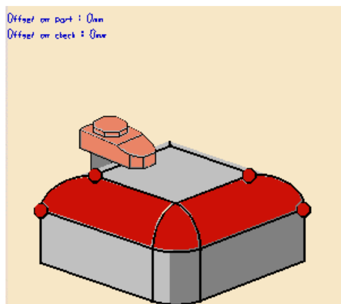


图 4-93 “Isoparametric Machining.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（3）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择叶片所有表面作为加工对象，如图 4-94 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的端点感应区，在图形区依次选择两个端点（2）如图 4-95 所示，其他点自动选取，双击空白处返回。



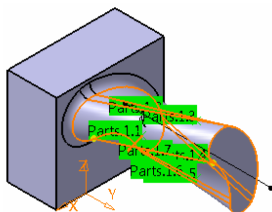
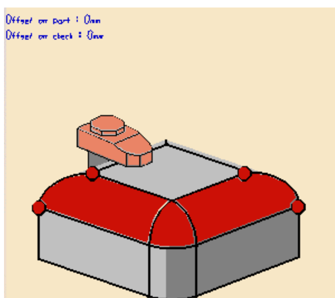


图 4-94　定义加工区域（3）



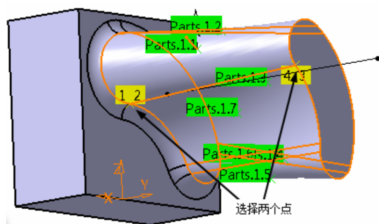


图 4-95　选择端点（2）

● 定义零件余量（3）。双击“Isoparametric Machining.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-96 所示。

● 定义检查余量（3）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 4-97 所示。

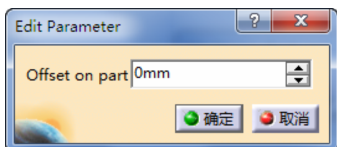


图 4-96　定义零件余量（3）

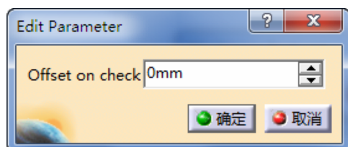


图 4-97　定义检查余量（3）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框（2）中的，切换到刀具参数选项卡（4），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 4-98 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（4）如图 4-99 所示。

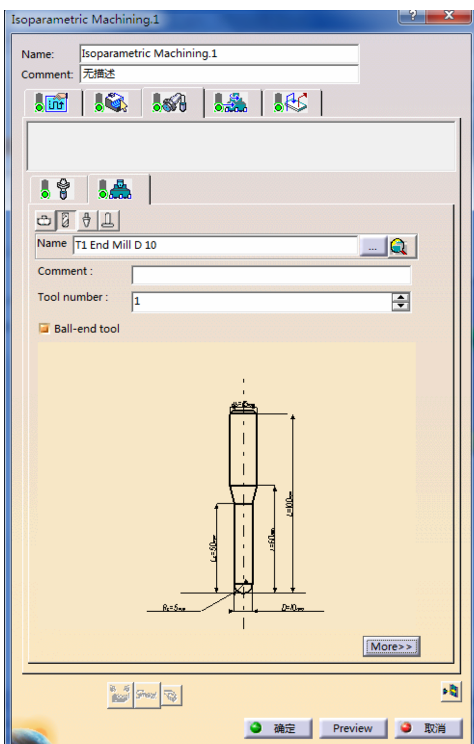


图 4-98 刀具参数选项卡（4）

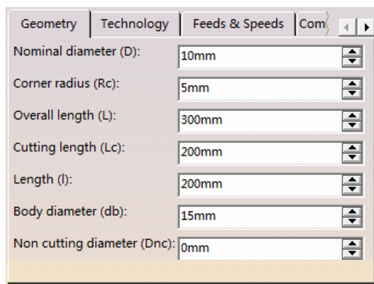


图 4-99 定义刀具参数（4）

3）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（4）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 4-100 所示。

● 在“Radial”选项卡（4）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05”mm，如图 4-101 所示。

● 在“Tool axis”选项卡（4）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Normal to line”，如图 4-102 所示。

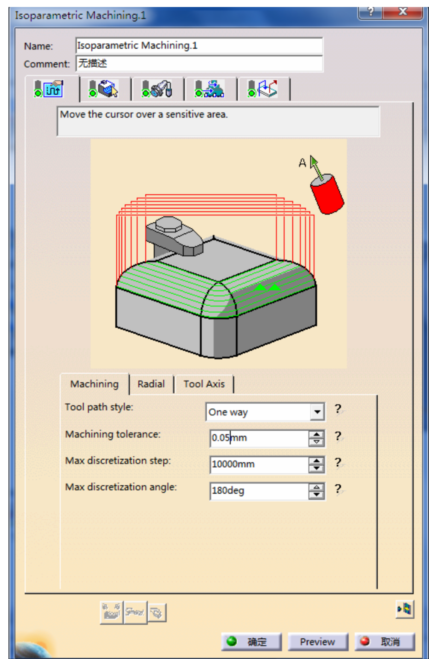


图 4-100　“Machining”选项卡（4）

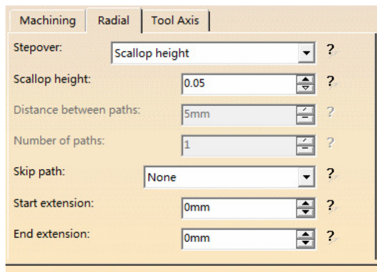


图 4-101　“Radial”选项卡（4）

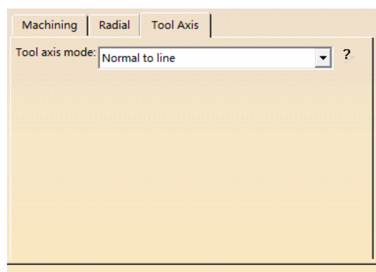


图 4-102　“Tool Axis”选项卡（4）

● 单击刀轴感应区，选择如图 4-103 所示的轴线作为刀轴垂直线（2），双击空白处返回。

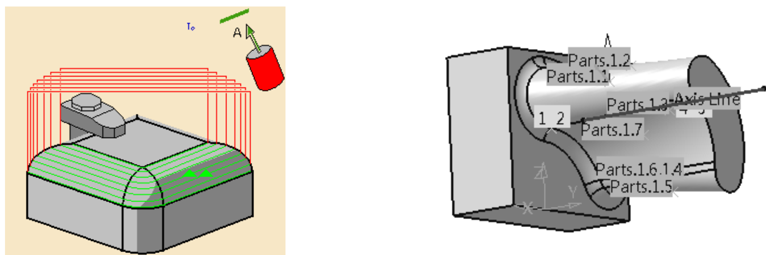


图 4-103　选择刀轴垂直轴线（2）

● 反转刀轴方向（2）。单击“From”，将“From”改变成“To”，反转刀轴

方向如图 4-104 所示。

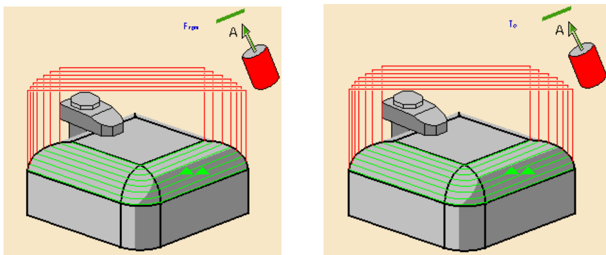


图 4-104　反转刀轴方向（2）

● 单击直线感应区，选择刀轴驱动曲面（2）如图 4-105 所示，双击空白处返回。

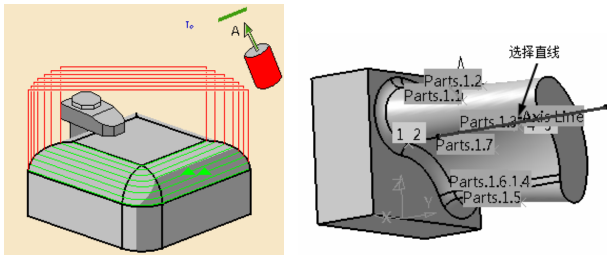


图 4-105　选择刀轴驱动曲面（2）

4）定义进给率。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（4），如图 4-106 所示。

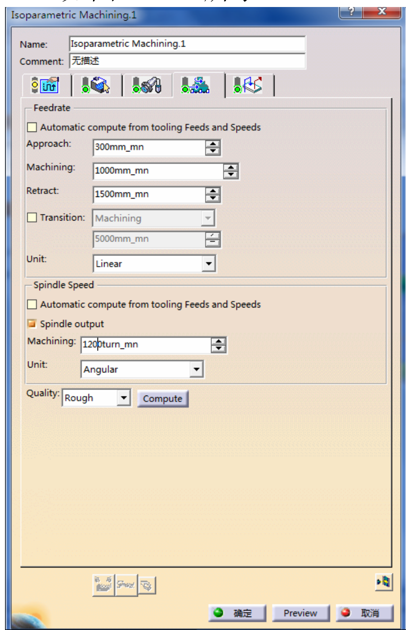


图 4-106　进给率参数选项卡（4）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（4）如图 4-107 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（4）如图 4-108 所示。

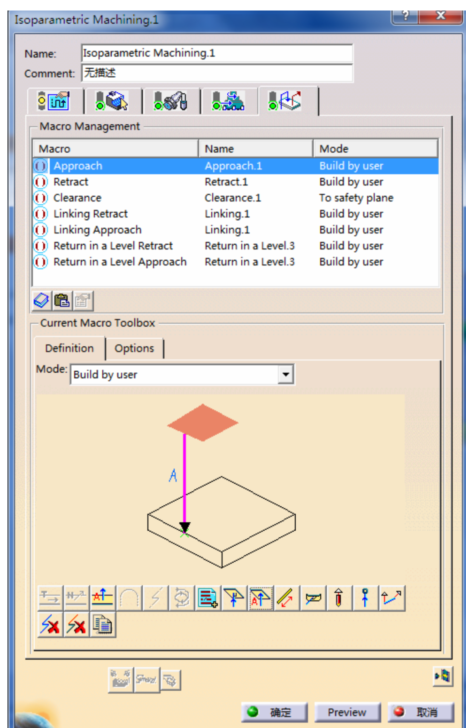


图 4-107　设置“Approach”参数（4）

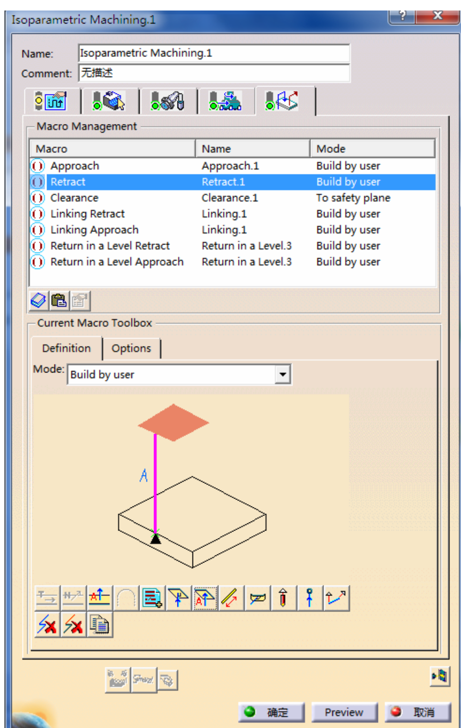


图 4-108　设置“Retract”参数（4）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（5）如图 4-109 所示。

● 单击图 4-110 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（5）如图 4-110 所示。

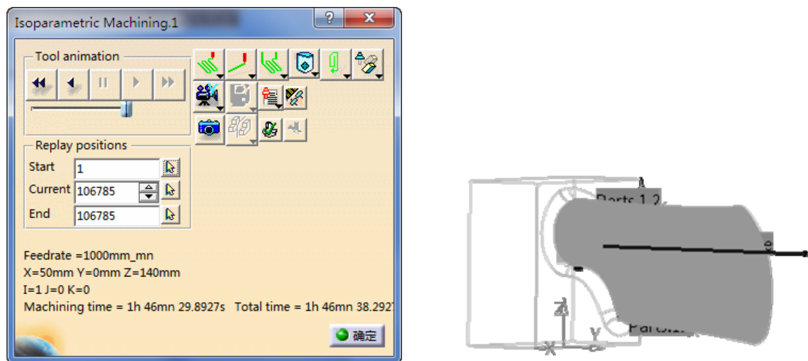


图 4-109　刀具路径轨迹（5）

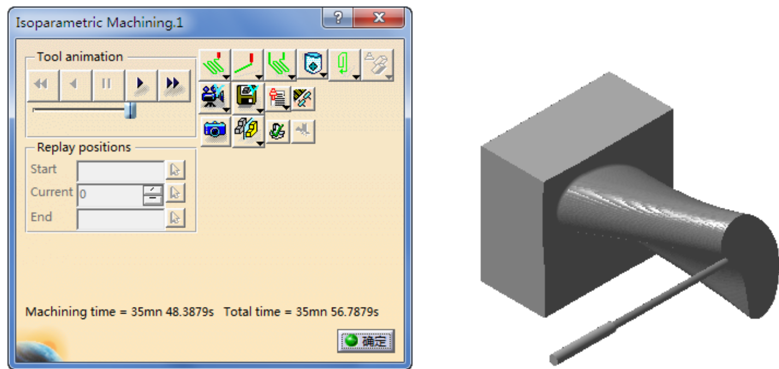


图 4-110　实体切削仿真（5）

（8）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 4 章\4.3\completed\yepian.CATProcess）。

4.3.5　实例总结

本节讲解了 CATIA V5 R20 叶片四轴数控加工的方法和具体应用步骤，读者在学习过程中要注意的是：在四轴数控加工中，刀轴控制一般选择刀具围绕旋转轴线转动的方式，常用的有“Normal to drive surface”和“Normal to line”方式。

第 5 章　CATIA V5 R20 五轴铣削加工实例

五轴数控铣削加工是项比较复杂而且难于掌握的加工技术。该项技术的难点在于需要加工刀具能够在 5 个自由度上进行定位和连接。本章按照由浅入深的原则，通过两个具体实例来讲解 CATIA V5 R20 五轴数控铣削加工的一般流程和实际应用。

5.1　入门实例——印章五轴数控铣削加工

5.1.1　实例描述

印章如图 5-1 所示，由上球面、底部圆柱曲面以及两者之间的连接曲面和圆角曲面组成。工件底部安装在工作台上。

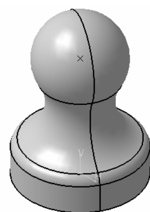


图 5-1　印章

5.1.2　加工方法分析

印章根据数控加工的工艺要求，精加工采用分区方式，具体内容如下：

1）上球面。上球面采用沿面精加工，刀轴采用“Thru a point”方式，选择球心点作为刀轴通过点，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

2）连接曲面。上球面采用沿面精加工，刀轴采用“Norma to drive surface”方式，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

3）圆角曲面。圆角曲面采用多轴驱动精加工，刀轴采用“lead and tilt”方式，刀轴侧倾角为 30°，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

4）圆柱曲面。上球面采用沿面精加工，刀轴采用“Norma to drive surface”方式，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

5.1.3　加工流程与所用知识点

印章数控加工的设计流程和知识点见表 5-1。

表 5-1　印章数控加工的设计流程和知识点

设计流程	知识点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4：沿面精加工球面	沿面精加工就是由加工曲面等参数线 *U*、*V* 来确定刀具路径，用户需要选取加工曲面和 4 个端点作为几何参数	
Step 5：沿面精加工连接曲面		
Step 6：轮廓驱动精加工圆角面	轮廓驱动精加工是以选择加工区域的轮廓线作为加工引导线来驱动刀具的运动，用于零件精加工	
Step 7：沿面精加工下圆柱面	沿面精加工就是由加工曲面等参数线 *U*、*V* 来确定刀具路径，用户需要选取加工曲面和 4 个端点作为几何参数	

5.1.4　具体操作步骤

1．**打开模型文件进入加工环境**

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“yinzhang.catpart”（随书光盘:\第 5 章\5.1\uncompleted\yinzhang.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（1）如图 5-2 所示。

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

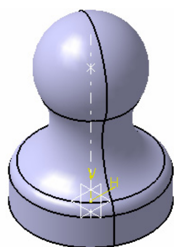


图 5-2　打开的模型文件（1）

2．**定义零件操作**

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（1），如图 5-3 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（1），选择“5-axis Machine.1”，如图 5-4 所示。

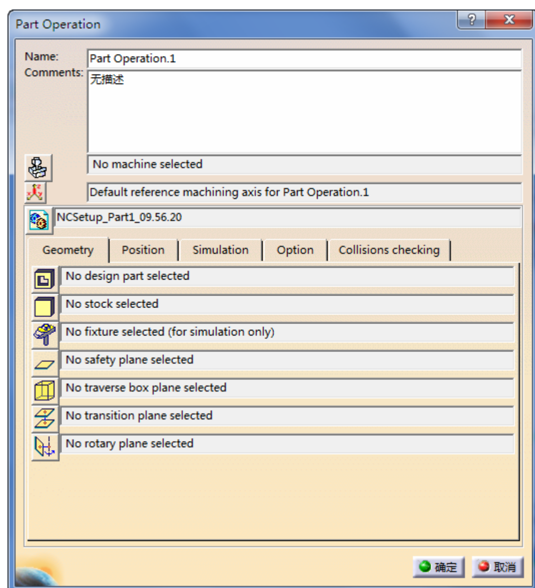


图 5-3　“Part Operation”对话框（1）

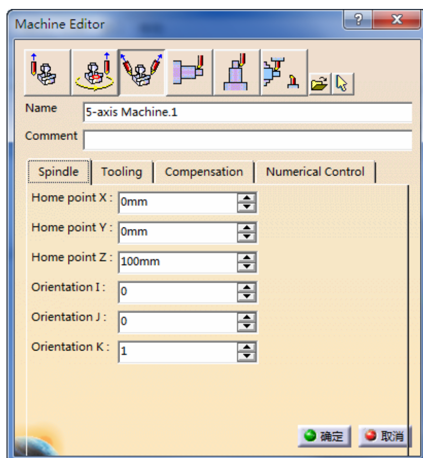


图 5-4　“Machine Editor”对话框（1）

3）定义加工坐标系（1），其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1），如图 5-5 所示。

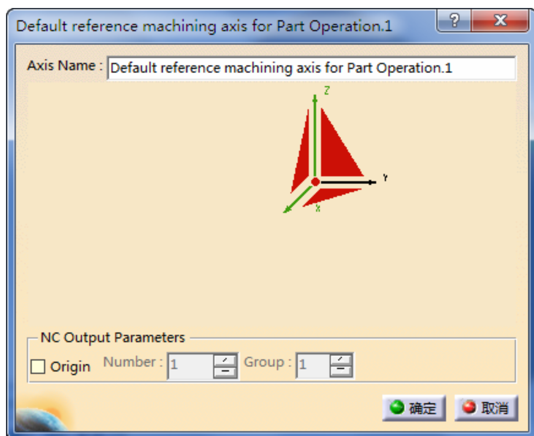


图 5-5 “Default reference machining axis for Part Operation.1” 对话框（1）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击“确定”按钮接收默认坐标系，定义加工坐标系（1）如图 5-6 所示。

4）定义目标加工零件（1）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 5-7 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

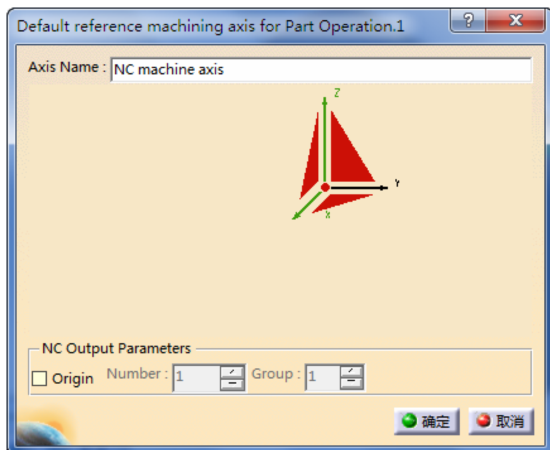


图 5-6 定义加工坐标系（1）

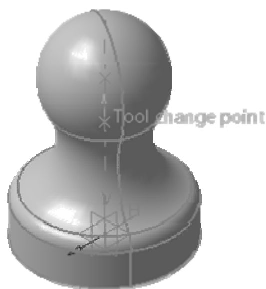


图 5-7 定义目标加工零件（1）

5）定义毛坯零件（1）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择零件模型中的“几何体.2”作为毛坯零件，如图 5-8 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

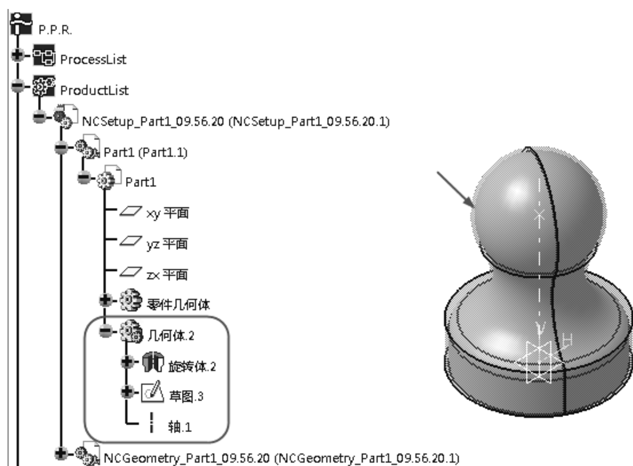


图 5-8　定义毛坯零件（1）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示"Select a planar face or point to define the safety plane"，一般选择 *XY* 表面，系统创建安全平面（1）如图 5-9 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（1）中选择"Offset"命令，如图 5-10 所示。系统弹出"Edit Parameter"对话框，在"Thickness"文本框中输入偏移值"200"，单击"确定"按钮，创建的安全平面（1）如图 5-11 所示。

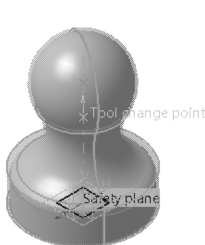


图 5-9　创建安全平面（1）

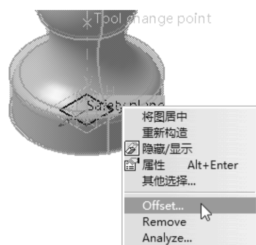


图 5-10　快捷菜单（1）

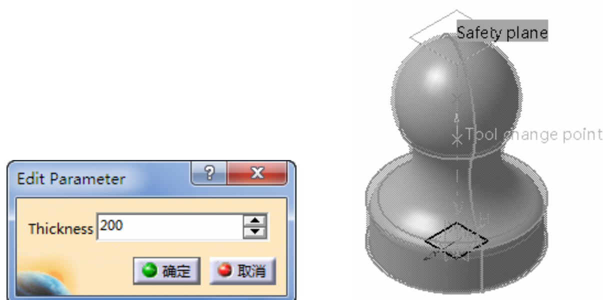


图 5-11　创建的安全平面（1）

注意

创建毛坯零件完成后，为了操作方便要重新将毛坯隐藏。选择图 5-8 中的“几何体.2”单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“隐藏/显示”命令即可。

3. 沿面精加工球面

在特征树中选择 Manufacturing Program.1，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框如图 5-12 所示。

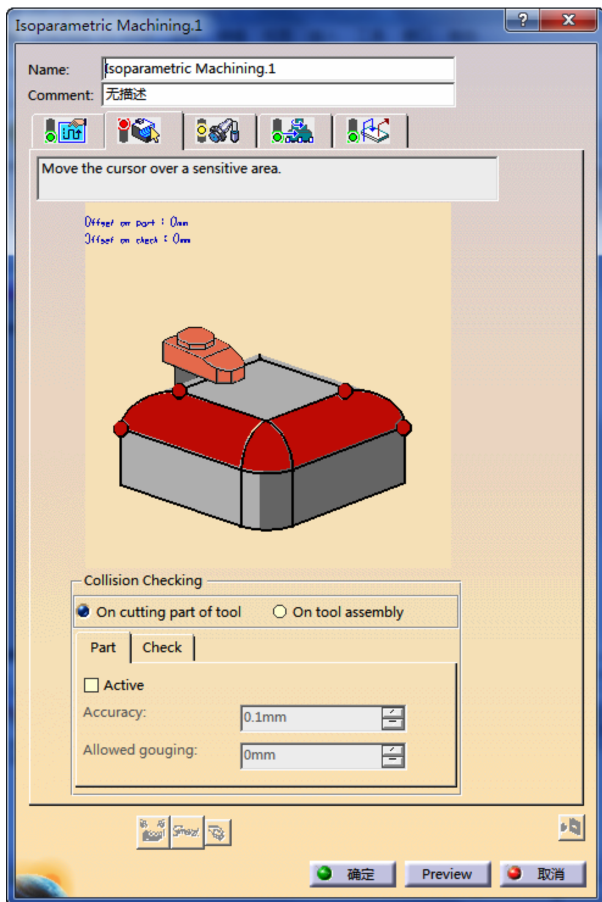


图 5-12 “Isoparametric Machining.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

- 定义加工区域（1）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 ，

切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择上球面作为加工对象，如图 5-13 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

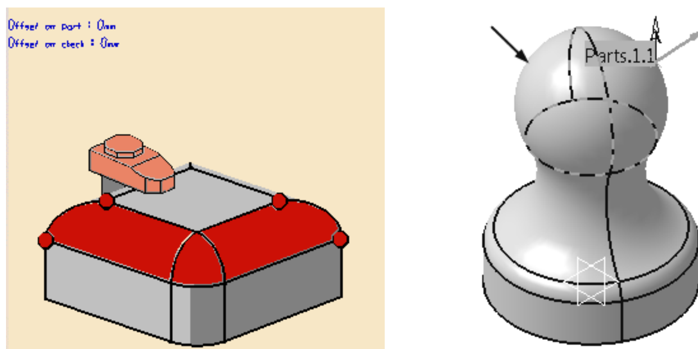


图 5-13　定义加工区域（1）

- 选择端点（1）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的端点感应区，在图形区选择如图 5-14 所示的一个端点，其他点自动选取，双击空白处返回。

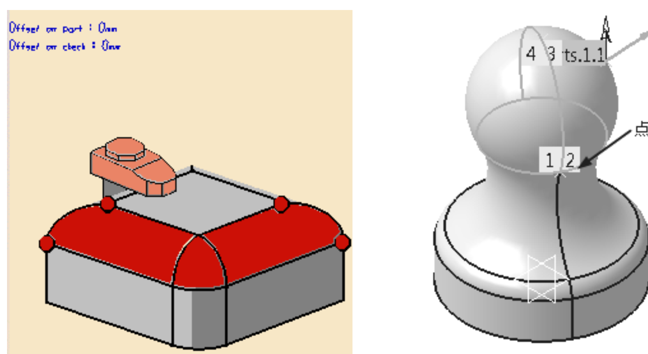


图 5-14　选择端点（1）

- 定义零件余量（1）。双击“Isoparametric Machining.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-15 所示。
- 定义检查余量（1）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-16 所示。

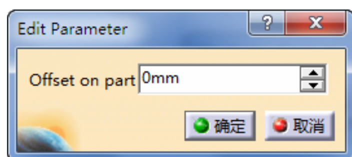


图 5-15　定义零件余量（1）

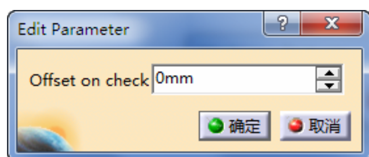


图 5-16　定义检查余量（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 ，切换到刀具参数选项卡（1），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 5-17 所示。

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（1）如图 5-18 所示。

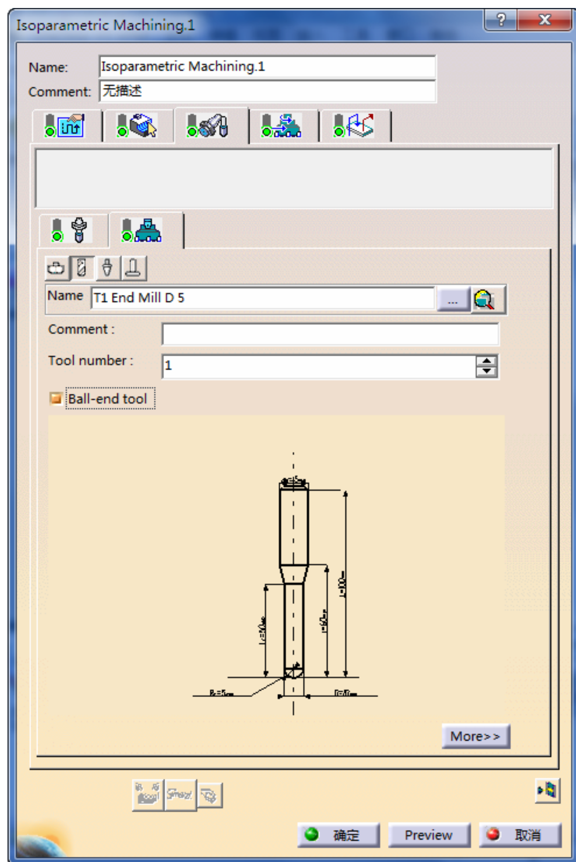


图 5-17 刀具参数选项卡（1）

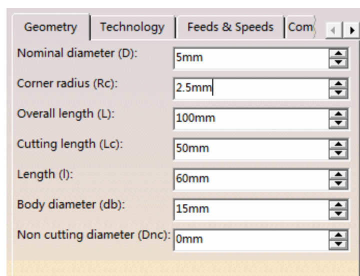


图 5-18 定义刀具参数（1）

3）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（1）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-19 所示。

● 在“Radial”选项卡（1）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-20 所示。

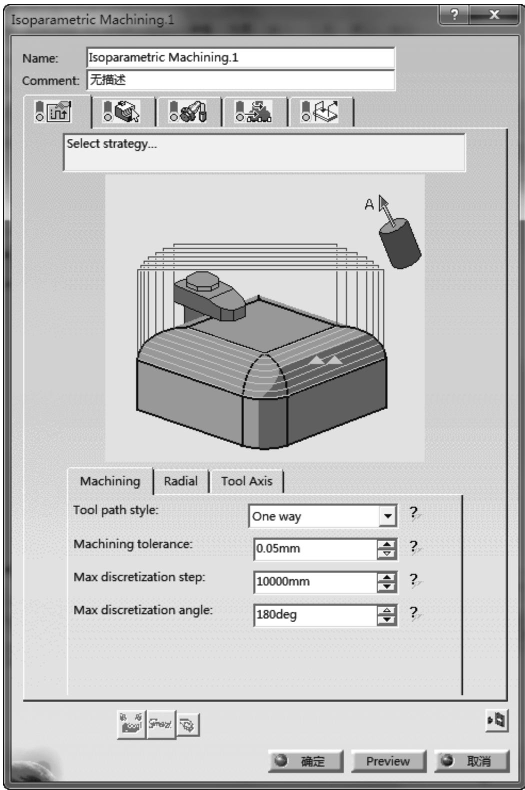


图 5-19　“Machining”选项卡（1）

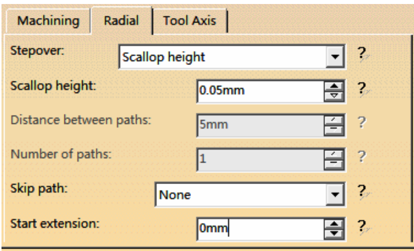


图 5-20　“Radial”选项卡（1）

● 在“Tool Axis”选项卡（1）的“Tool Axis mode”下拉列表中选择“Thru a point”，如图 5-21 所示。

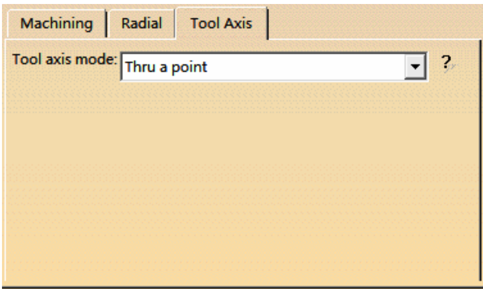


图 5-21　“Tool Axis”选项卡（1）

● 单击刀轴感应区，选择如图 5-22 所示的点作为刀轴通过点，双击空白处返回。

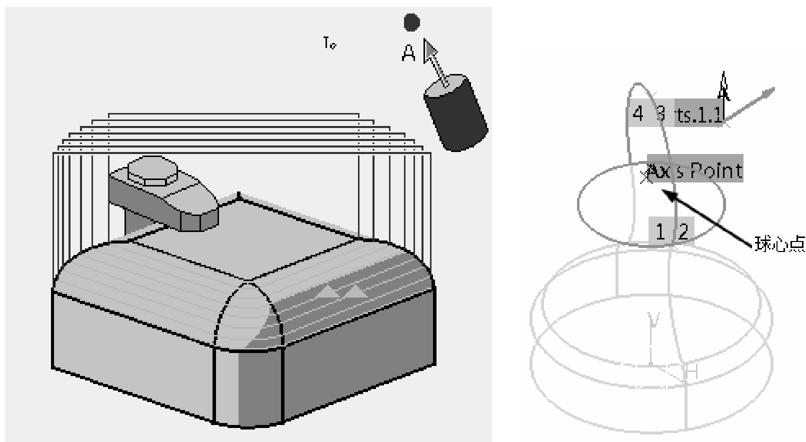


图 5-22　选择刀轴通过点

● 反转刀轴方向（1）。单击“To”，将“To”改变成“From”，反转刀轴方向（1）如图 5-23 所示。

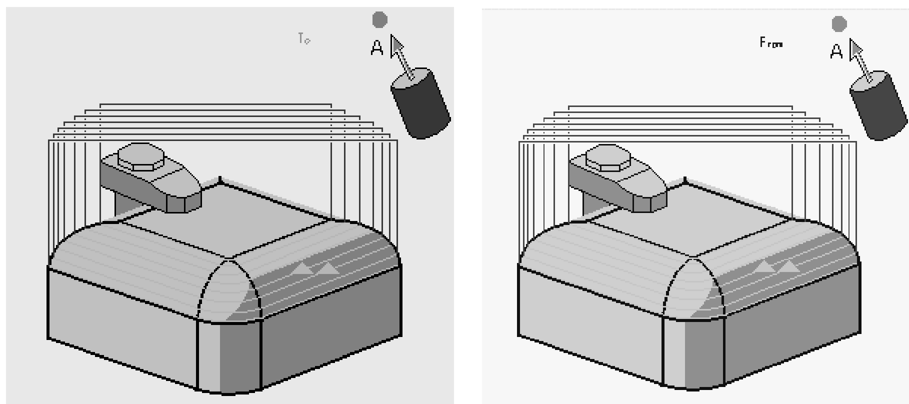


图 5-23　反转刀轴方向（1）

4）定义进给率。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（1），如图 5-24 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到“进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（1）如图 5-25 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（1）如图 5-26 所示。

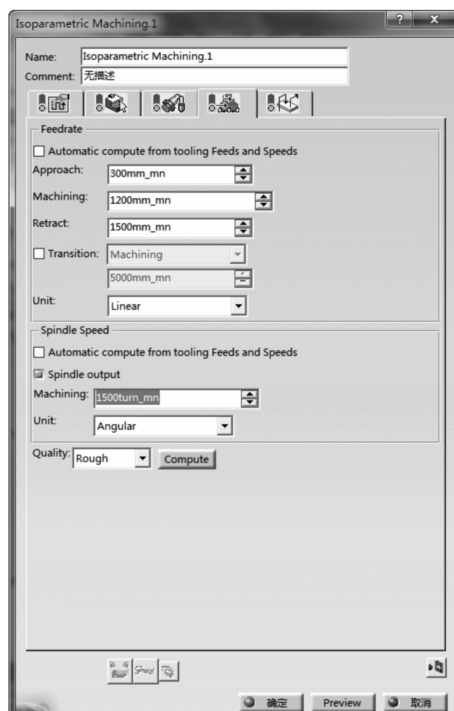


图 5-24　进给率参数选项卡（1）

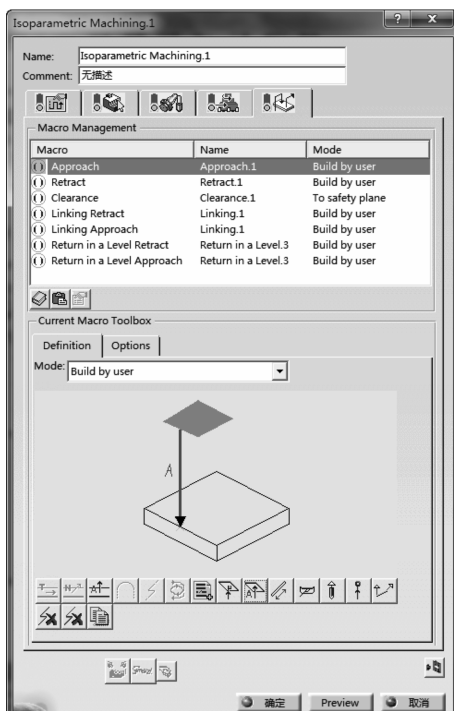


图 5-25　设置“Approach”参数（1）

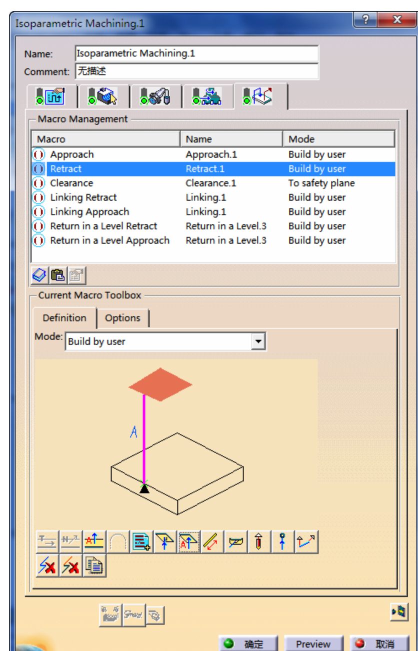
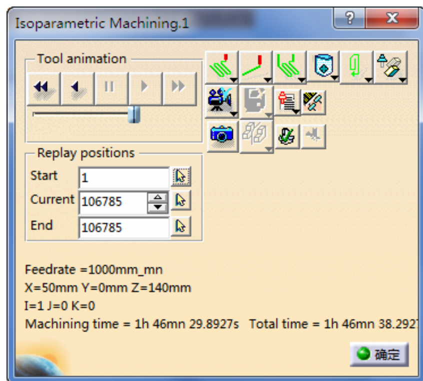


图 5-26　设置“Retract”参数（1）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（1）如图 5-27 所示。



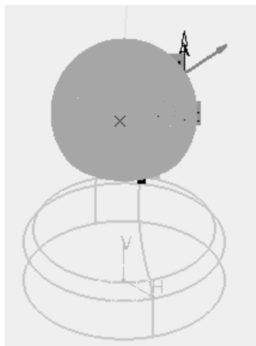
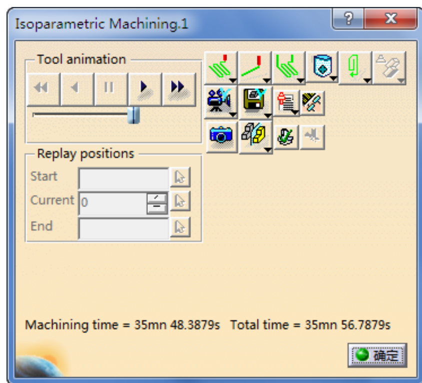


图 5-27 刀具路径轨迹（1）

● 单击图 5-27 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（1）如图 5-28 所示。



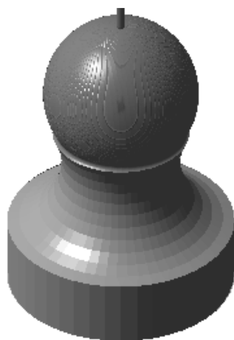


图 5-28 实体切削仿真（1）

4. 沿面精加工连接曲面

在特征树中选择 Isoparametric Machining.1，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.2”对话框，如图 5-29 所示。

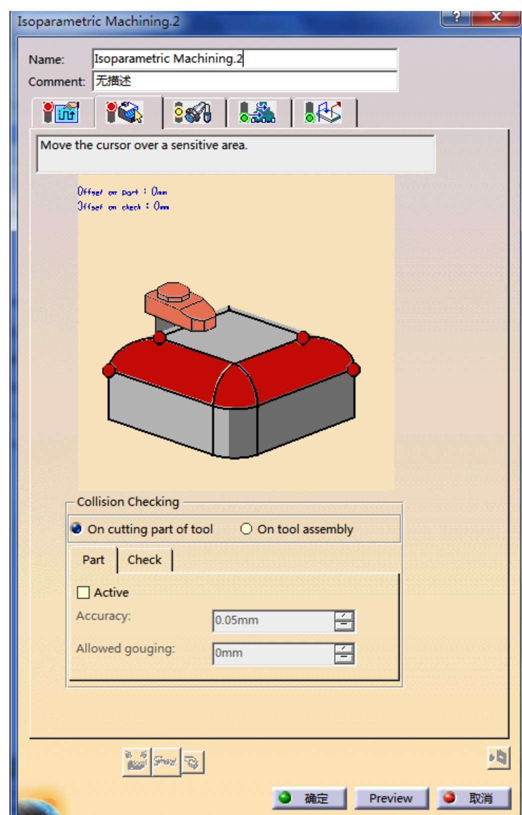


图 5-29　“Isoparametric Machining.2”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（2）。单击“Isoparametric Machining.2”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择连接面作为加工对象，如图 5-30 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

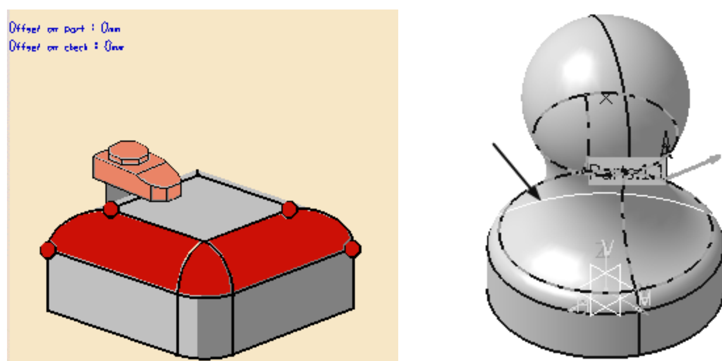


图 5-30　定义加工区域（2）

● 选择端点（2）。单击“Isoparametric Machining.2”对话框中端点感应区，在图形区依次选择如图 5-31 所示的一个端点，其他点自动选取，双击空白处返回。

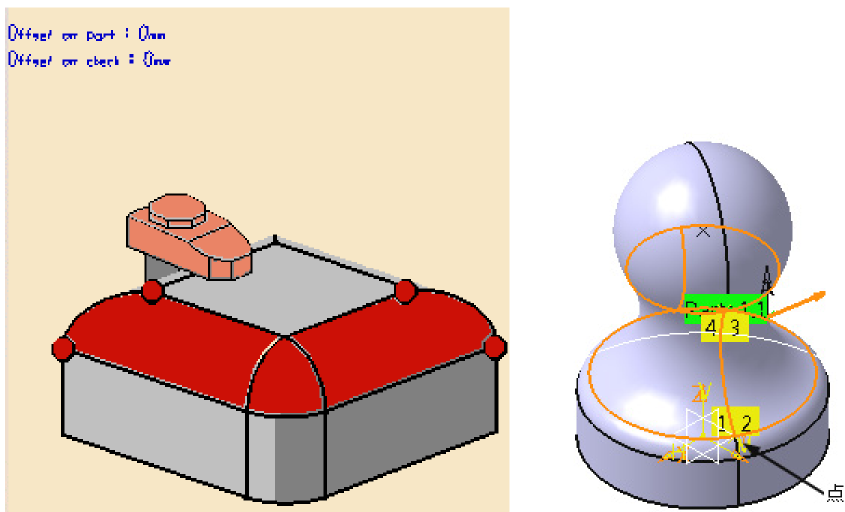


图 5-31 选择端点（2）

● 定义零件余量（2）。双击“Isoparametric Machining.2”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-32 所示。

● 定义检查余量（2）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-33 所示。

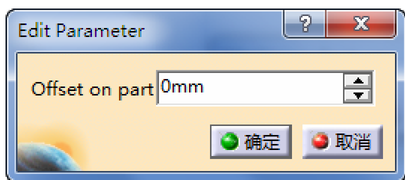


图 5-32 定义零件余量（2）

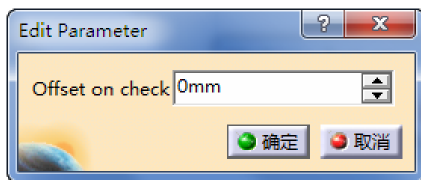


图 5-33 定义检查余量（2）

2）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.2”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（2）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-34 所示。

● 在“Radial”选项卡（2）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-35 所示。

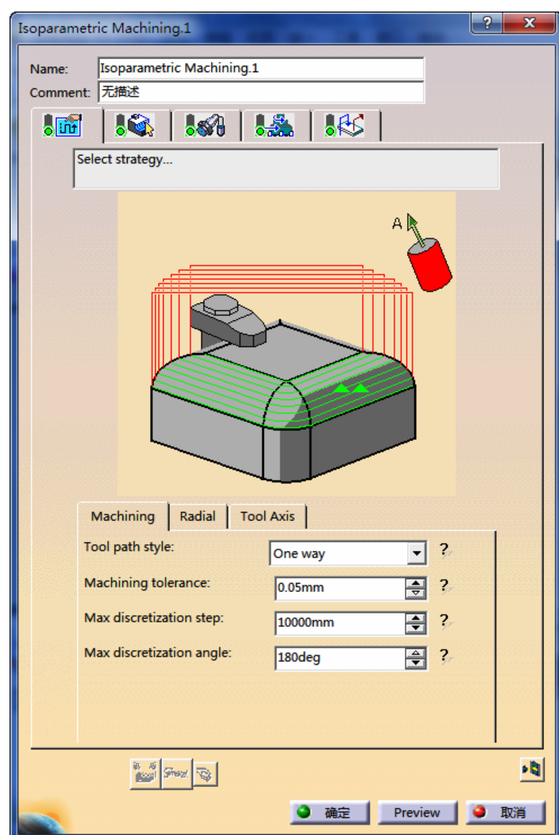


图 5-34　“Machining”选项卡（2）

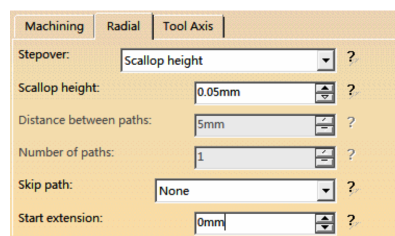


图 5-35　“Radial”选项卡（2）

● 在“Tool Axis”选项卡（2）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Normal to drive surface”，如图 5-36 所示。

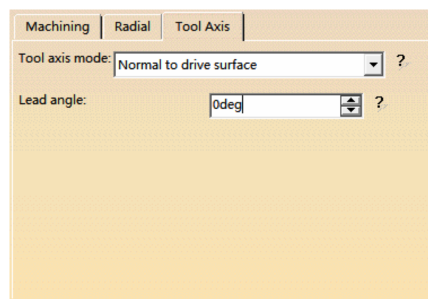


图 5-36　“Tool Axis”选项卡（2）

● 单击刀轴感应区，选择刀轴驱动曲面（1）如图 5-37 所示，双击空白处返回。

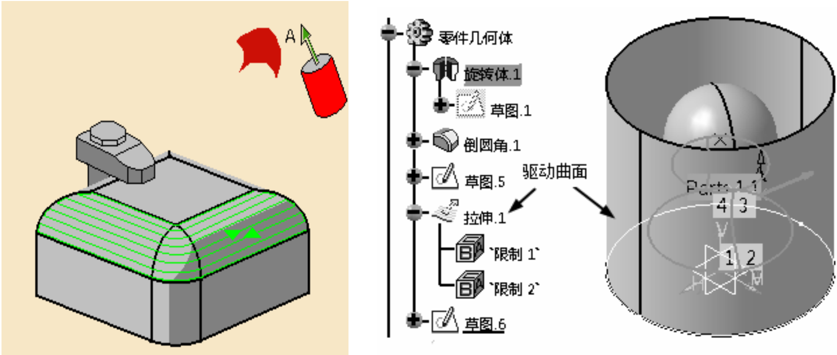


图 5-37　选择刀轴驱动曲面（1）

3）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.2”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.2”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（2）如图 5-38 所示。

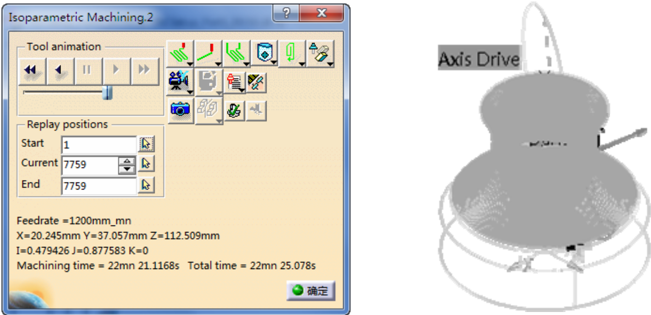


图 5-38　刀具路径轨迹（2）

● 单击图 5-38 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（2）如图 5-39 所示。

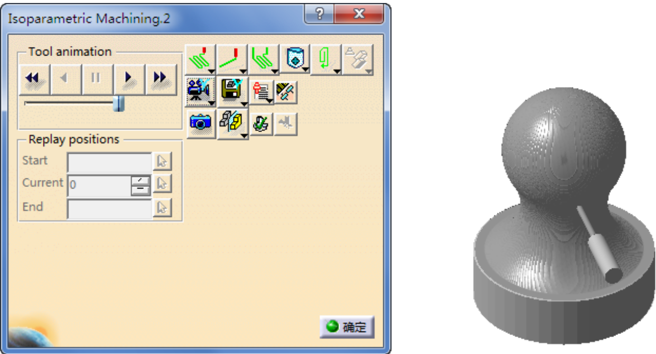


图 5-39　实体切削仿真（2）

5. 轮廓驱动精加工圆角面

在特征树中选择“Isoparametric Machining.2”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Contour Driven”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Contour-driven 按钮，弹出“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框，如图 5-40 所示。

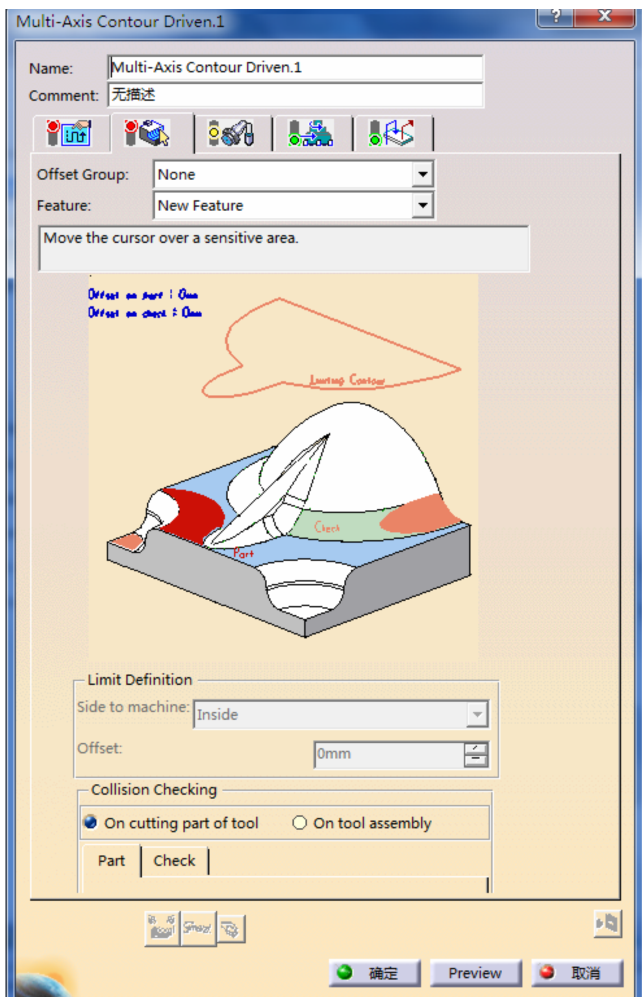


图 5-40 “Multi-Axis Contour Driven.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（3）。单击“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框中的 ，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 5-41 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

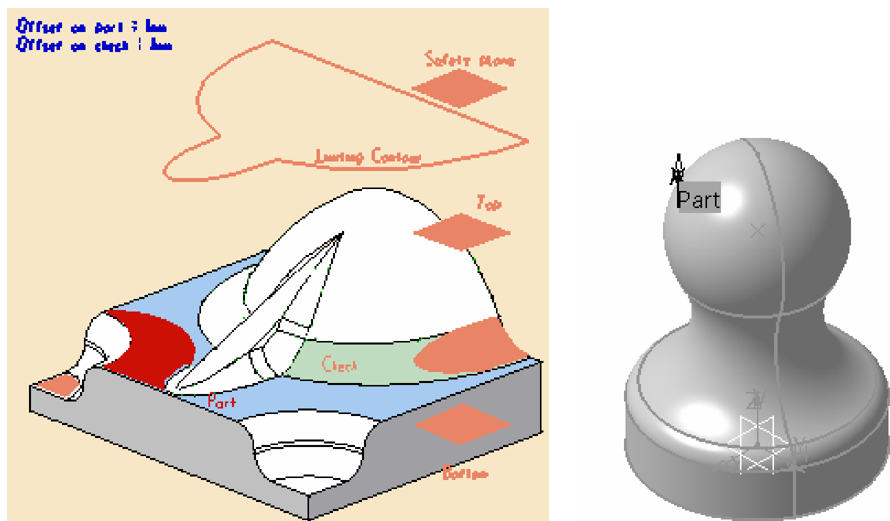


图 5-41 定义加工区域（3）

● 定义零件余量（3）。双击“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-42 所示。

● 定义检查余量（3）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 5-43 所示。

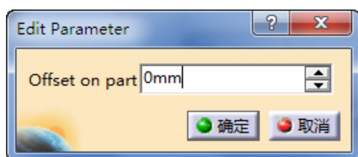


图 5-42 定义零件余量（3）

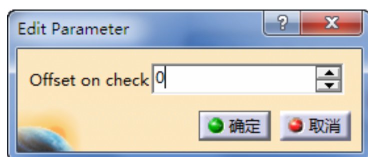


图 5-43 定义检查余量（3）

2）定义刀具路径参数。单击“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 设置边界（1）。在“Guiding strategy”选项中选择“Parallel contour”单选按钮，依次单击“Guide 1”和“Guide 2”感应区，系统弹出“Edge Selection”工具栏，分别选择如图 5-44 所示的边线作为加工边界，双击空白处，返回“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框。

● 在“Machining”选项卡（3）的“Tool path style”下拉列表中选择“Zig-zag”选项，在“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-45 所示。

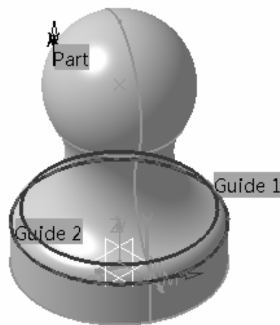


图 5-44　设置边界（1）

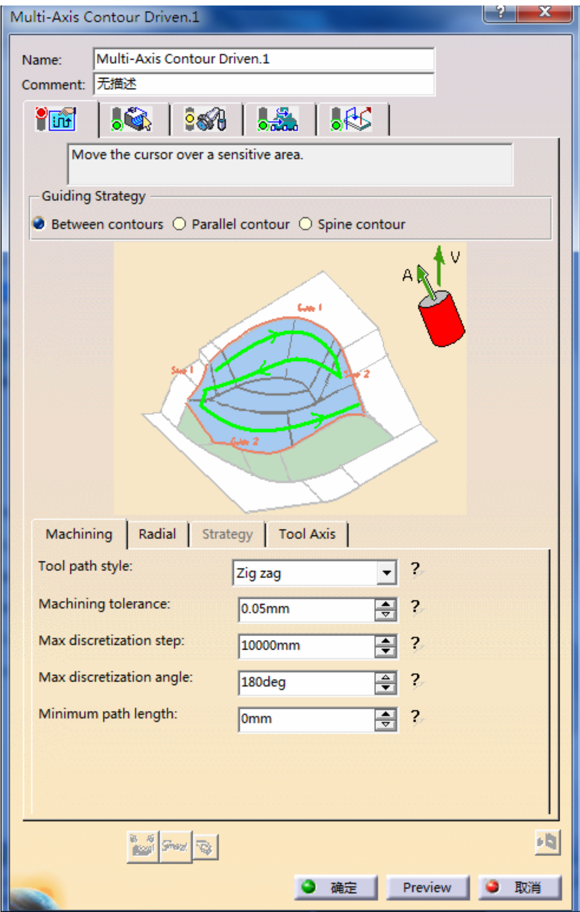


图 5-45　“Machining”选项卡（3）

● 在“Radial”选项卡（3）的“Stepover”下拉列表中选择“Scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-46 所示。

● 在“Tool Axis”选项卡（3）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Lead and tilt”，在“Tilt angle”文本框中输入“30deg”，其他参数如图 5-47 所示。

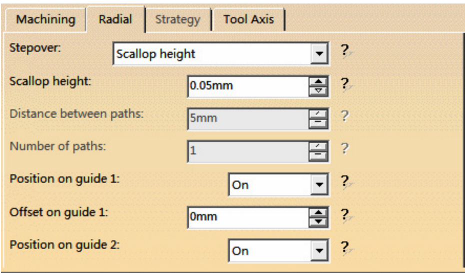


图 5-46　“Radial”选项卡（3）

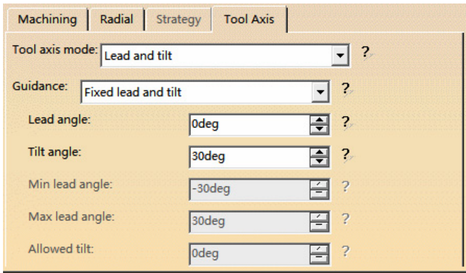


图 5-47　“Tool Axis”选项卡（3）

3）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框中的图标，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（2）如图 5-48 所示。

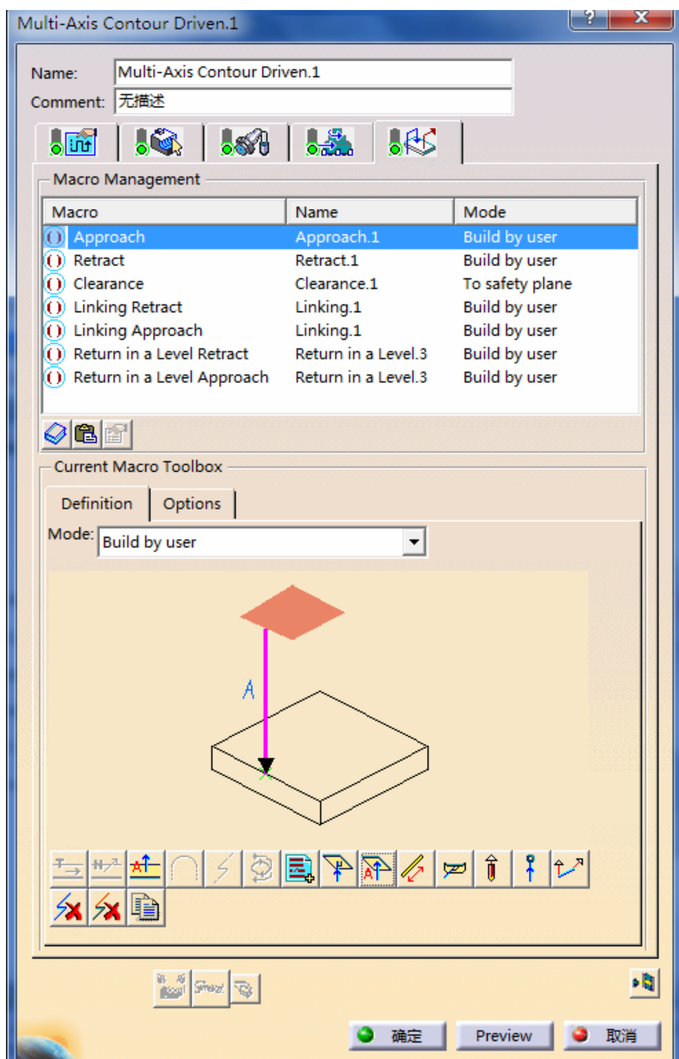


图 5-48　设置“Approach”参数（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标

右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（2）如图 5-49 所示。

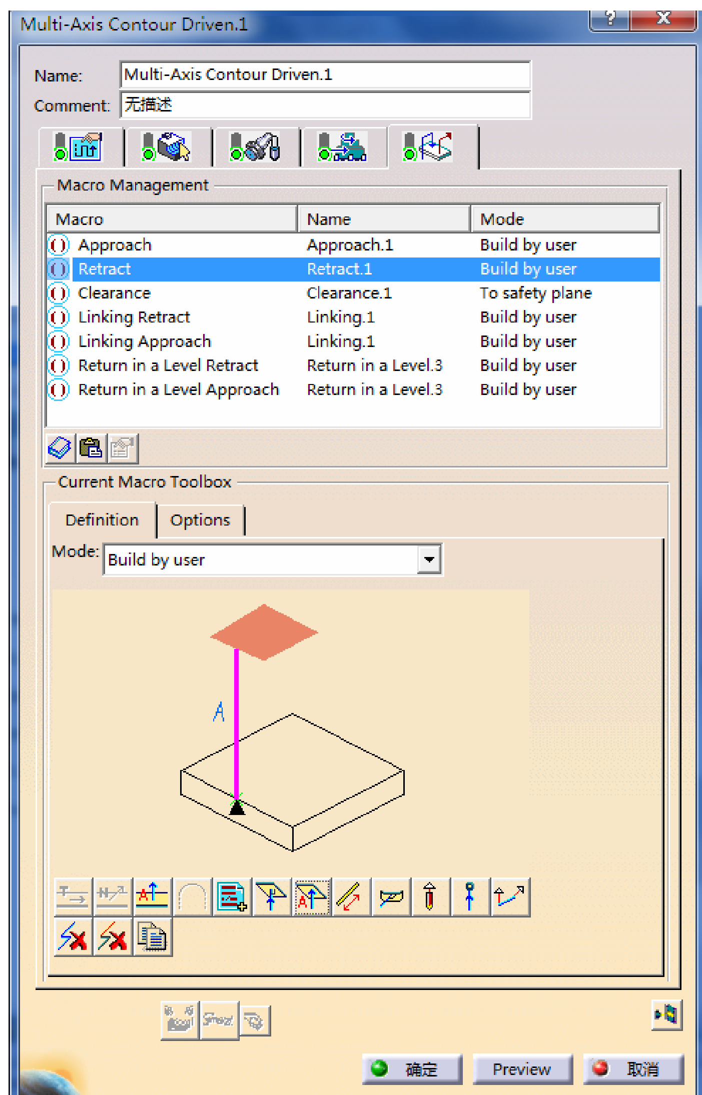
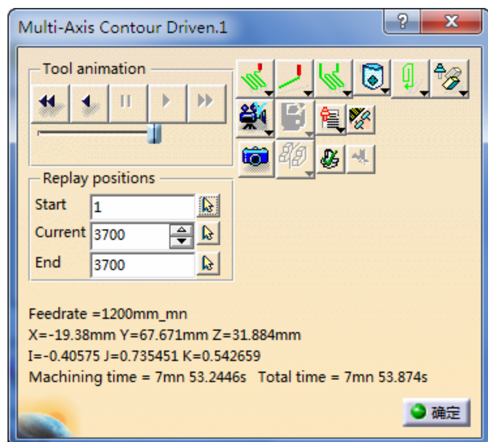


图 5-49　设置“Retract”参数（2）

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Axis Contour Driven.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（3）如图 5-50 所示。



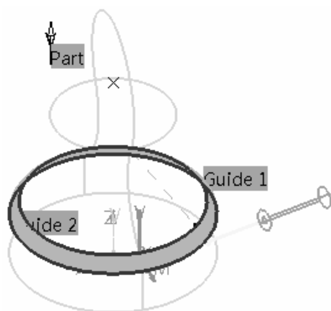
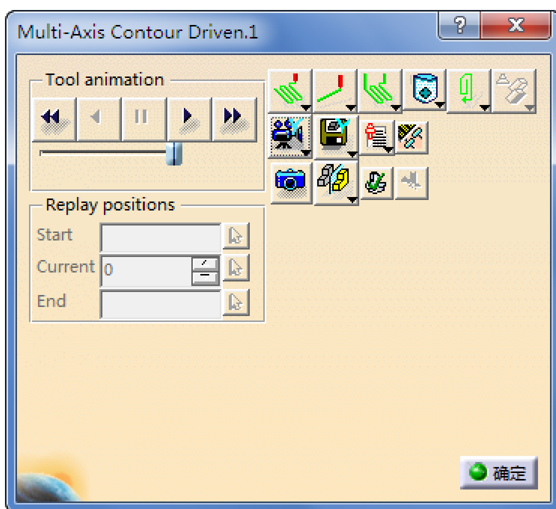


图 5-50　刀具路径轨迹（3）

● 单击图 5-51 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（3）如图 5-51 所示。



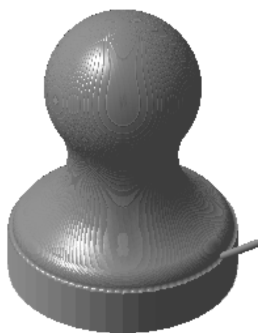


图 5-51　实体切削仿真（3）

6. **沿面精加工下圆柱面**

在特征树中选择 Isoparametric Machining.1，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.3”对话框如图 5-52 所示。

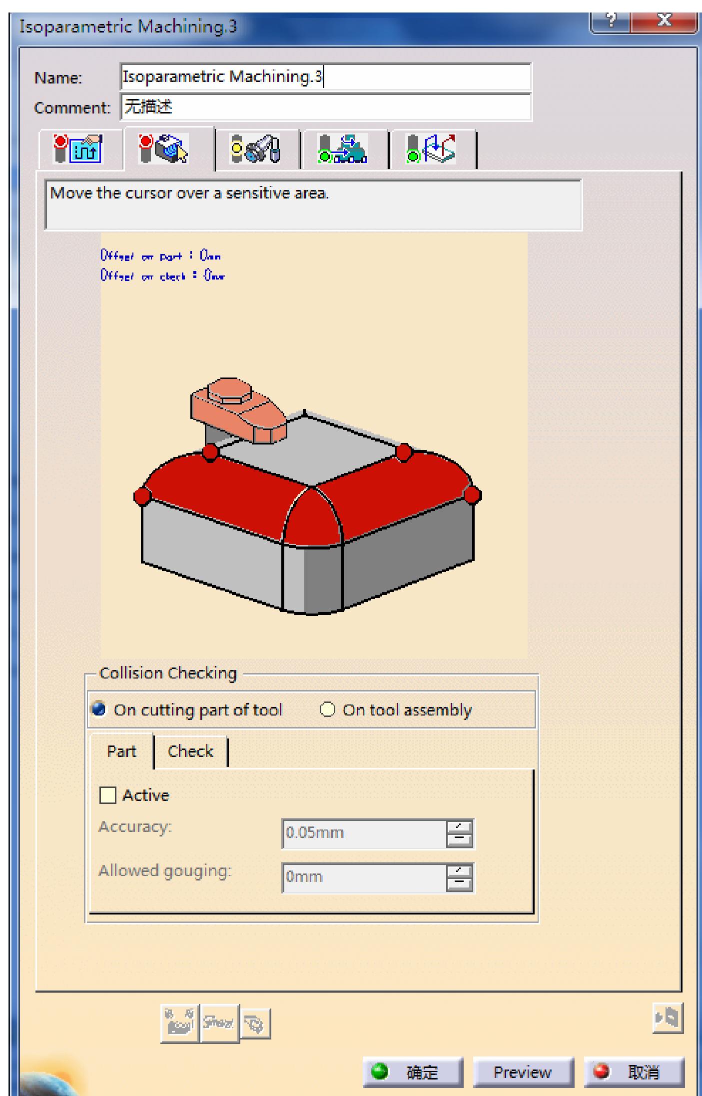
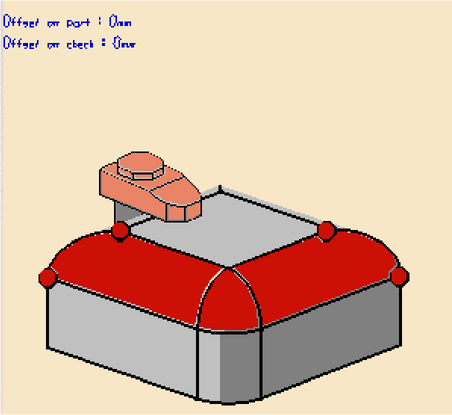


图 5-52　“Isoparametric Machining.3”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（4）。单击“Isoparametric Machining.3”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择连接面作为加工对象，如图 5-53 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

● 选择端点（3）。单击“Isoparametric Machining.3”对话框中的端点感应区，在图形区依次选择如图 5-54 所示的一个端点，其他点自动选取，双击空白处返回。



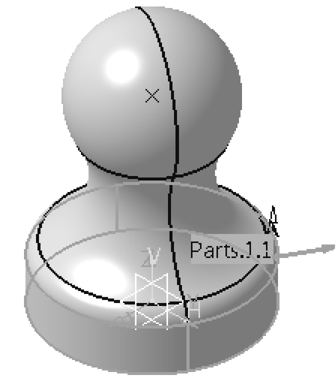
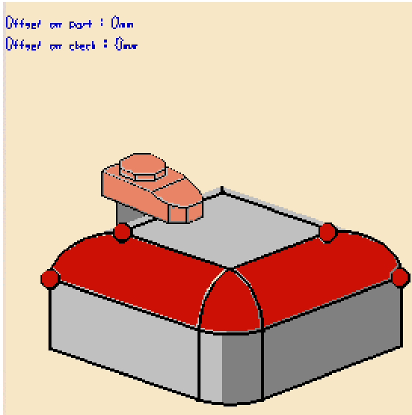


图 5-53　定义加工区域（4）



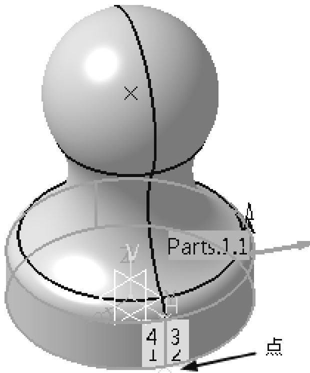


图 5-54　选择端点（3）

● 定义零件余量（4）。双击“Isoparametric Machining.3”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-55 所示。

● 定义检查余量（4）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-56 所示。

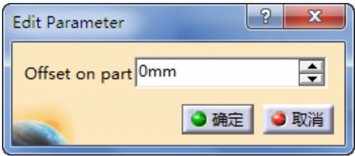


图 5-55　定义零件余量（4）



图 5-56　定义检查余量（4）

2）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.3”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（4）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-57 所示。

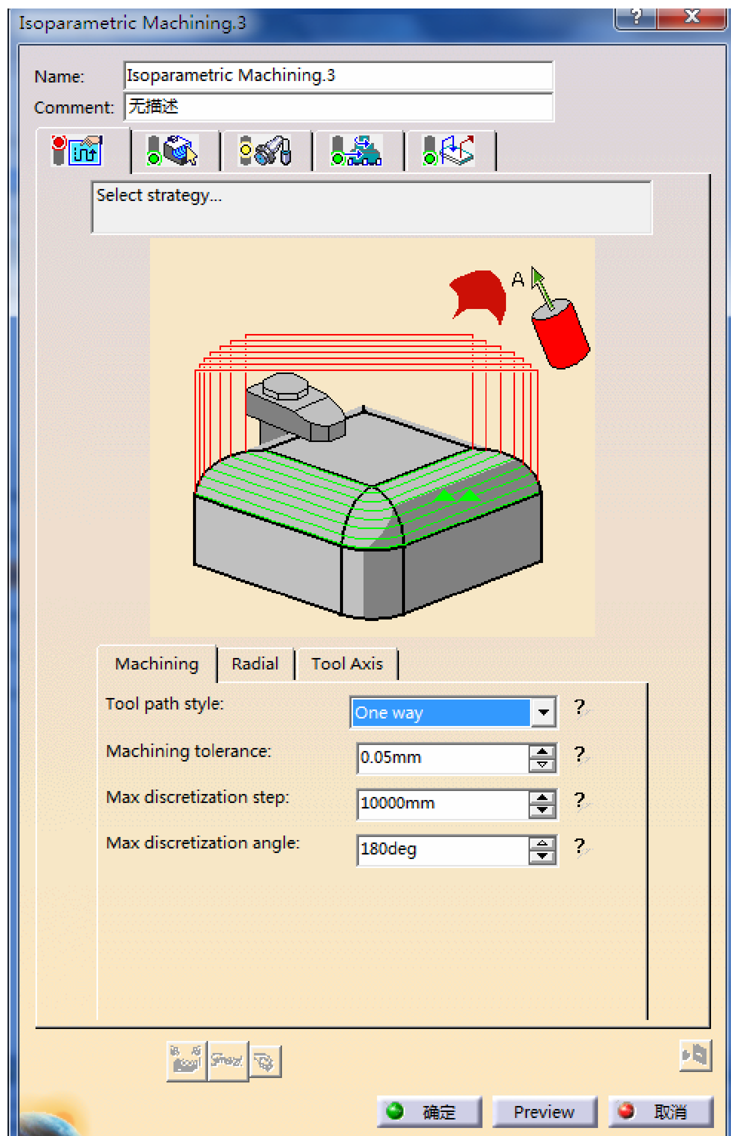


图 5-57　“Machining”选项卡（4）

● 在“Radial”选项卡（4）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”

在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-58 所示。

● 在“Tool Axis”选项卡（4）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Lead and tilt”，在“Tilt angle”文本框中输入“-30deg”，其他参数如图 5-59 所示。

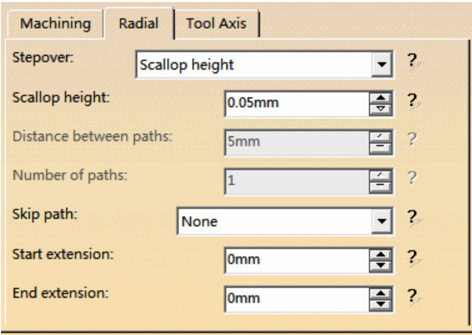


图 5-58 “Radial”选项卡（4）

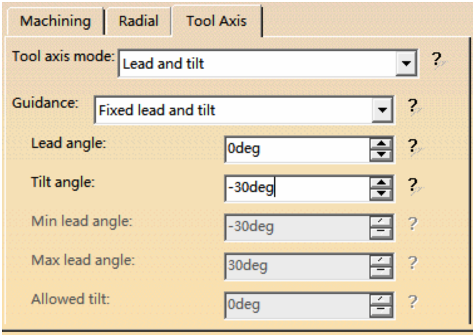
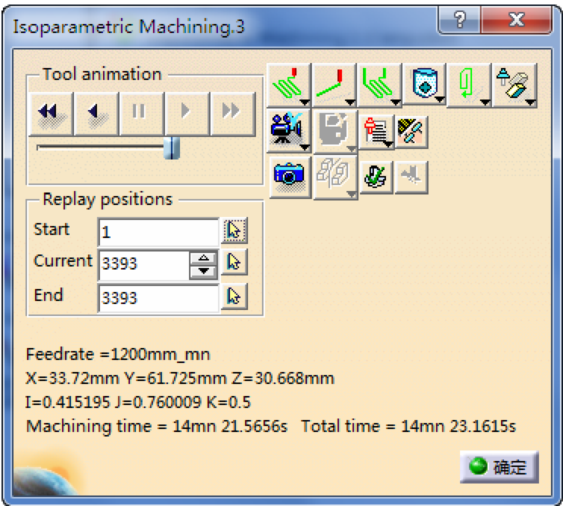


图 5-59 “Tool Axis”选项卡（4）

3）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.3”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.3”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（4）如图 5-60 所示。



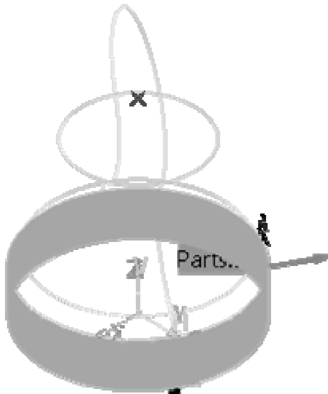
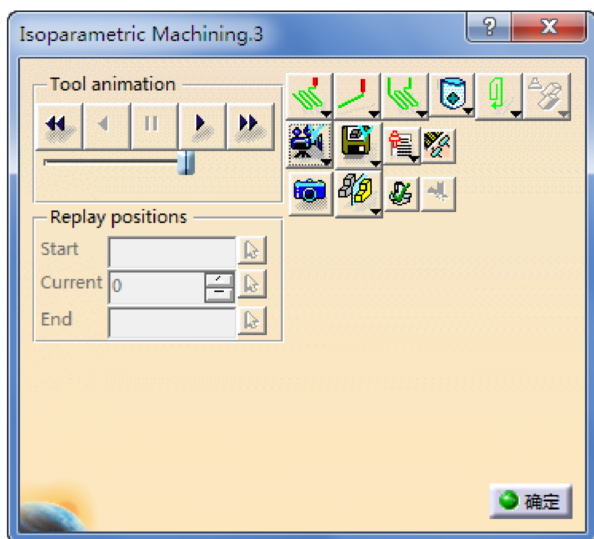


图 5-60 刀具路径轨迹（4）

● 单击图 5-61 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（4）如图 5-61 所示。



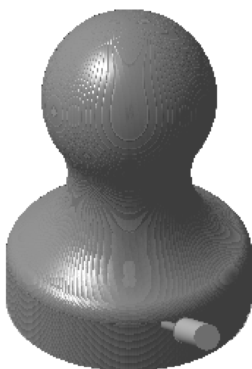


图 5-61　实体切削仿真（4）

4）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 5 章\5.1\completed\yinzhang.CATProcess）。

5.1.5　实例总结

本节以印章为例，讲解了 CATIA V5 R20 印章五轴铣削数控加工的一般方法和具体步骤，读者在学习过程中要注意的是五轴铣削数控加工的刀轴控制方式，其中：

1）前倾和侧倾是指刀轴相对于切削方向成一定夹角，包括前倾 lead 和侧倾 tilt；任意点处的刀轴都将被用户指定的矢量插补，指定的矢量越多，越容易对刀轴进行控制；驱动曲面用于定义刀轴每个点处的垂直于所选驱动曲面的可变刀轴。

2）多轴曲面加工的方法有沿面加工、轮廓驱动加工和螺旋加工等，这些方法与三轴加工基本相同，不同的是增加了刀轴控制。

5.2　提高实例——开槽零件五轴数控铣削加工

5.2.1　实例描述

开槽零件如图 5-62 所示，由内侧壁和凸台组成。内侧壁面上小下宽，呈现负角面；凸台侧面具有一定锥度。工件底部安装在工作台上。

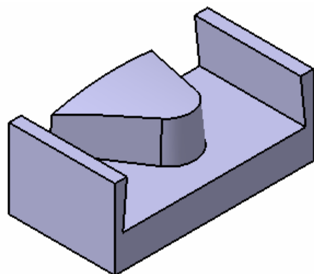


图 5-62　开槽零件

5.2.2　加工方法分析

开槽零件根据数控加工的工艺要求，粗加工采用等高线加工方式，精加工采用分区方式。具体内容如下：

1）凸台顶面。凸台顶面采用投影精加工，刀轴采用“Norma to drive surface”方式，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

2）凸台侧面和轮廓侧面。凸台侧面和轮廓侧面采用侧刃轮廓精加工，刀轴采用“Automatic tilt”方式，层间切深为 1mm，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

3）型腔底面。型腔底面采用沿面精加工，刀轴采用“Thru a guide”方式，刀具采用ϕ5mm 的球刀。

5.2.3　加工流程与所用知识点

开槽零件数控加工的设计流程和知识点见表 5-2。

表 5-2　开槽零件数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 3： 定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4： 等高线粗加工	等高线粗加工是以垂直于刀具 Z 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料，常用于粗加工中	
Step 5： 投影精加工凸台顶面	投影精加工是以一系列与刀具轴线（Z 轴）平行的平面与零件的加工表面相交得到刀具路径	
Step 6： 侧刃轮廓精加工凸台侧面	侧刃轮廓精加工用于定义沿驱动曲面的侧刃画线移动的刀轴，该方式允许刀具侧面切削驱动曲面	
Step 7： 侧刃轮廓精加工侧壁面		
Step 8： 沿面精加工型腔底面	沿面精加工就是由加工曲面等参数线 U、V 来确定刀具路径，用户需要选取加工曲面和 4 个端点作为几何参数	

5.2.4　具体操作步骤

1. **打开模型文件进入加工环境**

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“kaicao.catpart”（随书光盘:\第 5 章\5.2\uncompleted\kaicao.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（2）如图 5-63 所示。

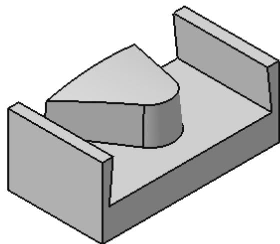


图 5-63　打开的模型文件（2）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

2. **创建毛坯零件**

1）单击“Geometry Management”工具栏上的“Creates rough stock”按钮，系统弹出“Rough Stock”对话框，激活“Part body”编辑框，选择如图 5-63 所示的模型零件为目标加工零件。

2）在图形区一个线框包围着整个零件，“Rough Stock”对话框下部将显示毛坯尺寸，编辑相关尺寸如图 5-64 所示。

3）单击“Rough Stock”对话框中的“确定”按钮，创建的毛坯零件如图 5-65 所示。

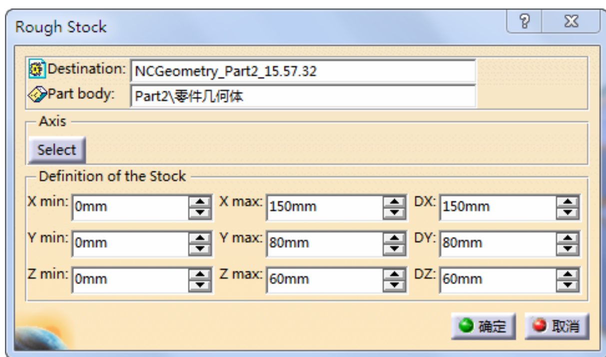


图 5-64　“Rough Stock”对话框

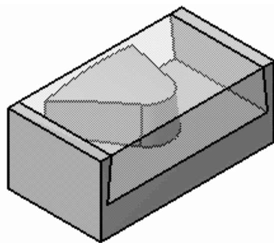


图 5-65　创建的毛坯零件

4）创建坐标轴原点，其具体步骤如下：

● 选择菜单“开始”→“形状”→创成式外形设计命令，进入创成式外形设计工作环境。

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 5-66 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮创建点 1，如图 5-66 所示。

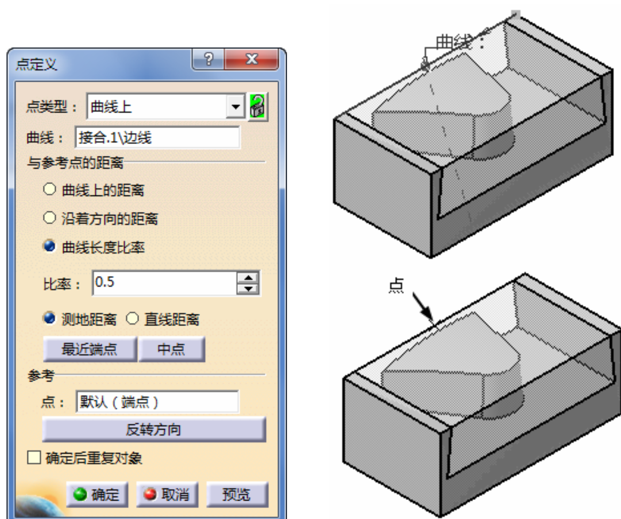


图 5-66　创建点 1

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，选择“点类型”为“曲线上”，选择如图 5-67 所示的边线，单击“中点”按钮，然后单击“确定”按钮创建点 2，如图 5-67 所示。

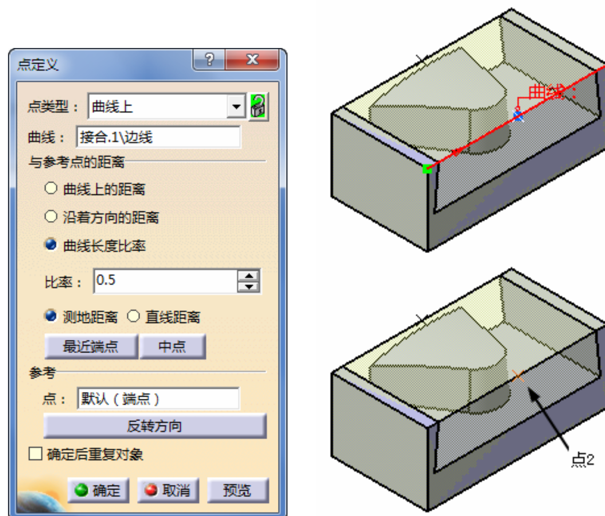


图 5-67　创建点 2

● 单击线框工具栏上的点按钮，弹出“点定义”对话框，在“点类型”下拉列表中选择“之间”选项，选择“点 1”和“点 2”作为参考点，单击“中点”按钮，单击“确定”按钮，完成点 3 创建，如图 5-68 所示。

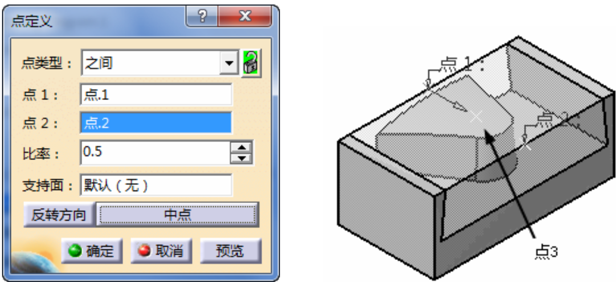


图 5-68　创建点 3

- 双击“Part Operation.1”节点，返回加工模块。

3. *定义零件操作*

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（2），如图 5-69 所示。

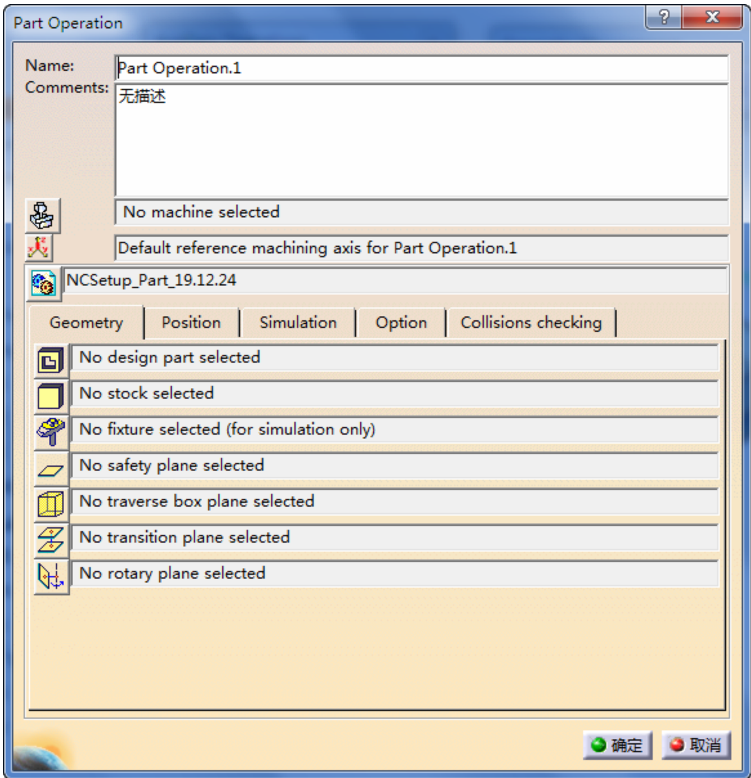


图 5-69　“Part Operation”对话框（2）

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出

“Machine Editor”对话框（2），设置机床为“5-axis Machine.1”，如图 5-70 所示。

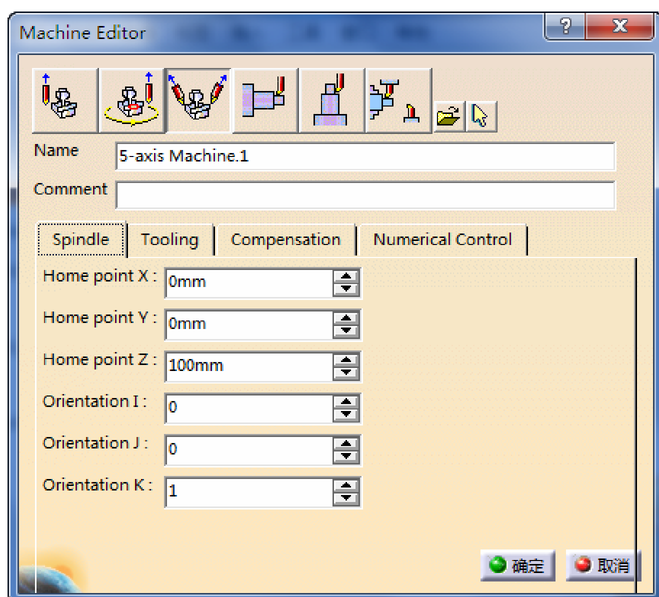


图 5-70　“Machine Editor”对话框（2）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）如图 5-71 所示。

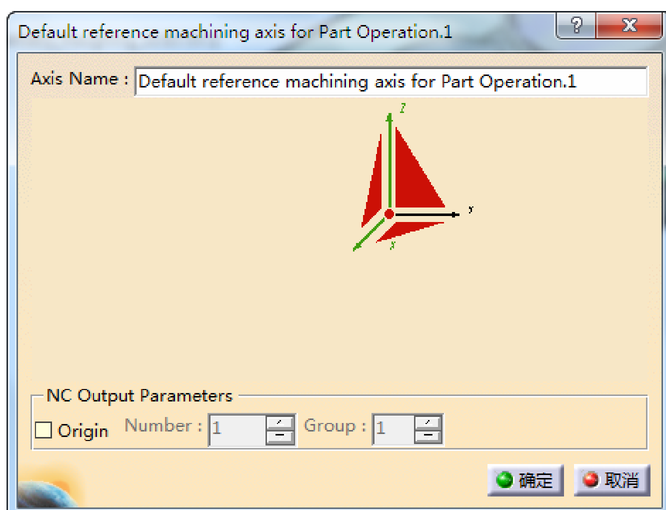
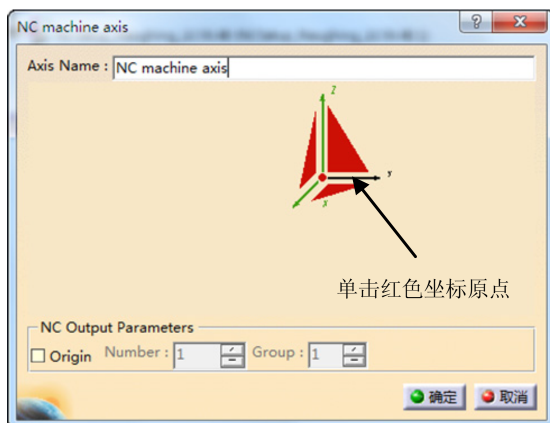


图 5-71　“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 5-72 所示的点 3 作为坐标原点，定义加工坐标系（2）如图 5-72 所示。



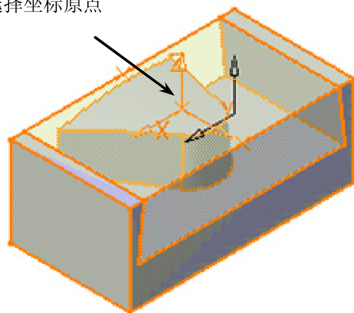


图 5-72 定义加工坐标系（2）

4）定义目标加工零件（2）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择打开的实体模型作为目标加工零件，如图 5-73 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（2）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 5-74 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

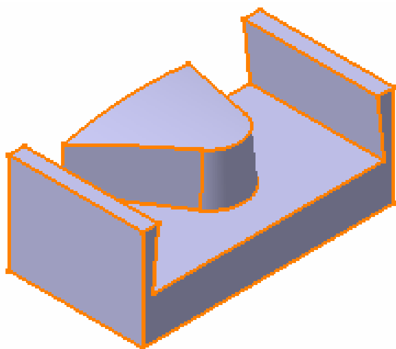


图 5-73 定义目标加工零件（2）

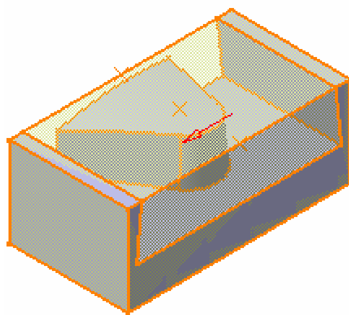


图 5-74 定义毛坯零件（2）

6）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面（2）如图 5-75 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（2）中选择“Offset”命令，如图 5-76 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“50”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（2）如图 5-77 所示。

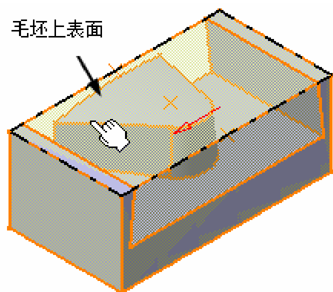


图 5-75　创建安全平面（2）

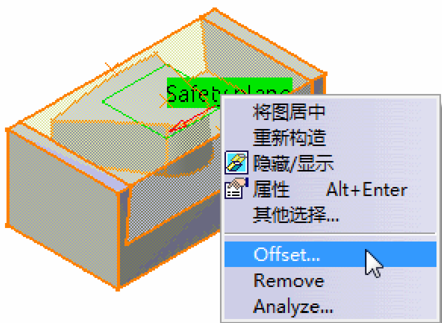


图 5-76　快捷菜单（2）

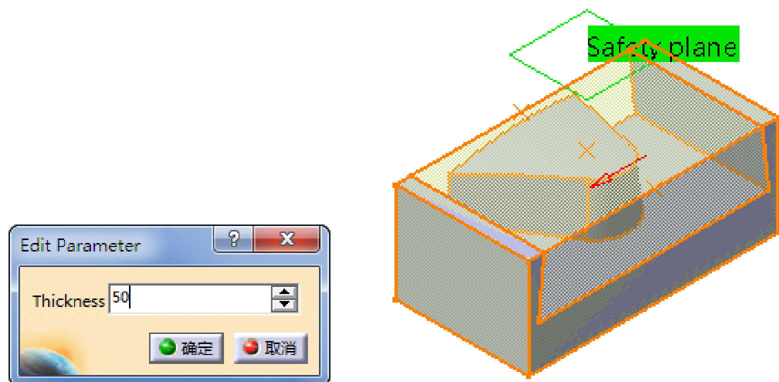


图 5-77　创建的安全平面（2）

4. **等高线粗加工**

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，如图 5-78 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（5）。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 5-79 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

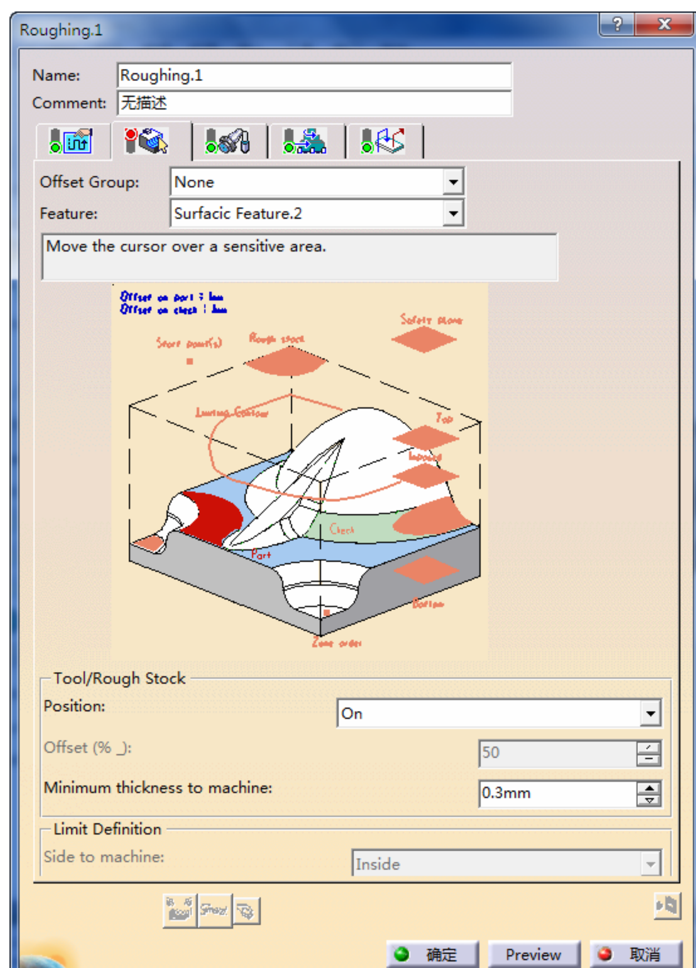


图 5-78 “Roughing.1”对话框

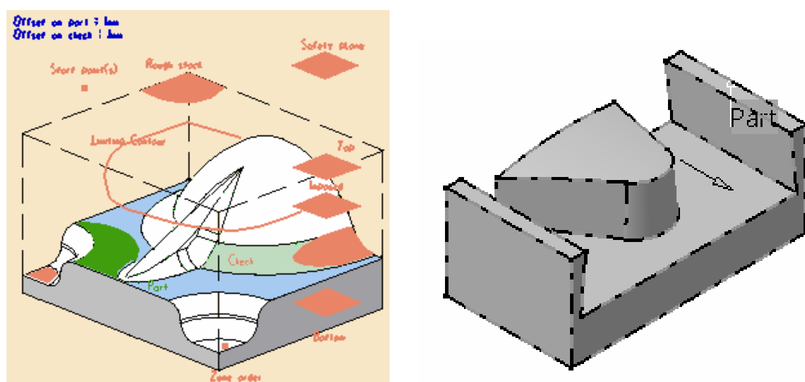


图 5-79 定义加工区域（5）

●　定义零件余量（5）。双击“Rough.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5mm”，如图 5-80 所示。

●　定义检查余量（6）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0.5mm”，如图 5-81 所示。

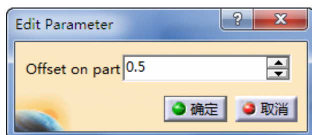


图 5-80　定义零件余量（5）

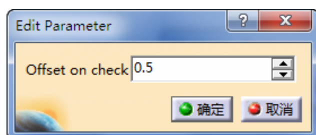


图 5-81　定义检查余量（5）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

●　单击“Roughing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（2），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 5-82 所示。

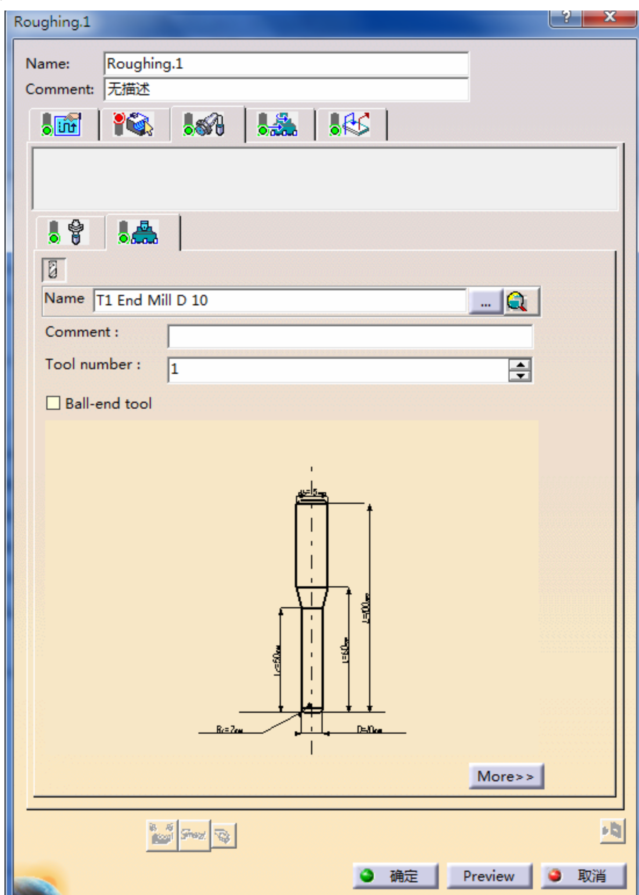


图 5-82　刀具参数选项卡（2）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（2）如图 5-83 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（5）的“Machine mode”下拉列表中选择“By Area”和“Outer part and pockets”选项，在“Tool path style”下拉列表中选择“Helical”选项，如图 5-84 所示。

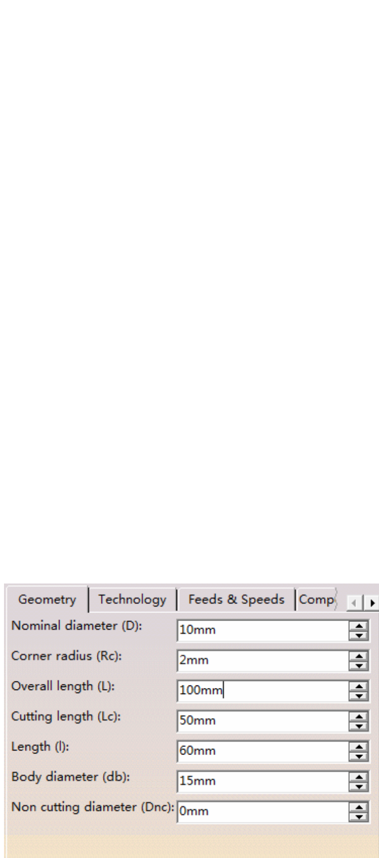


图 5-83 定义刀具参数（2）

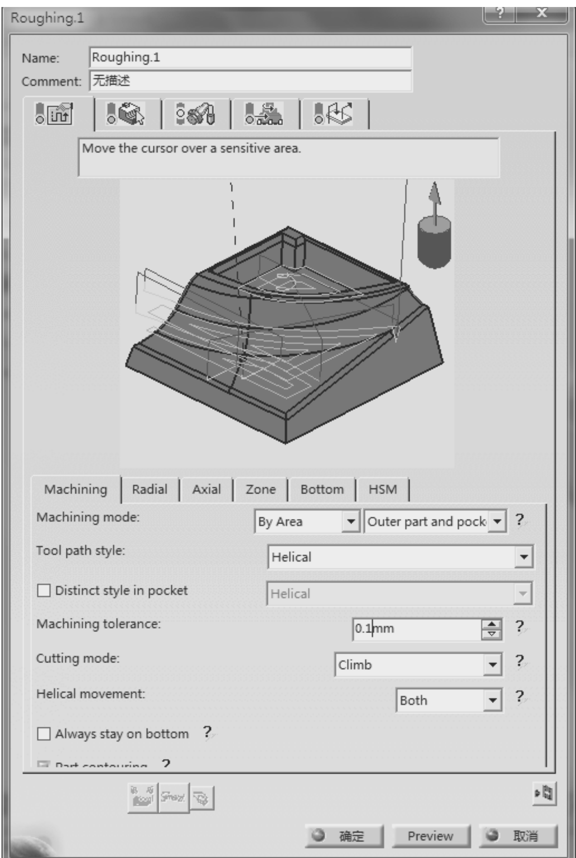


图 5-84 “Machining”选项卡（5）

● 单击“Radial”选项卡（5），在“Stepover”下拉列表中选择“Overlap length”，在“Overlap length”文本框中输入“1mm”，如图 5-85 所示。

● 单击“Axial”选项卡，在“Maximum cut depth”文本框中输入“2mm”，如图 5-86 所示。

4）定义进给率。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（2），如图 5-87 所示。

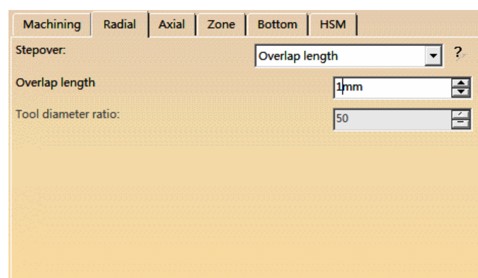


图 5-85　“Radial”选项卡（5）

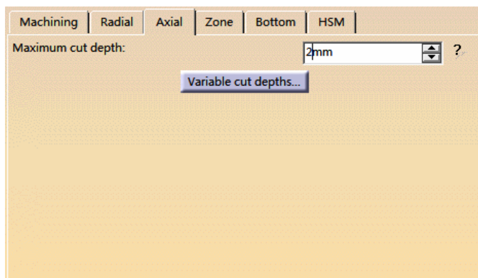


图 5-86　“Axial”选项卡

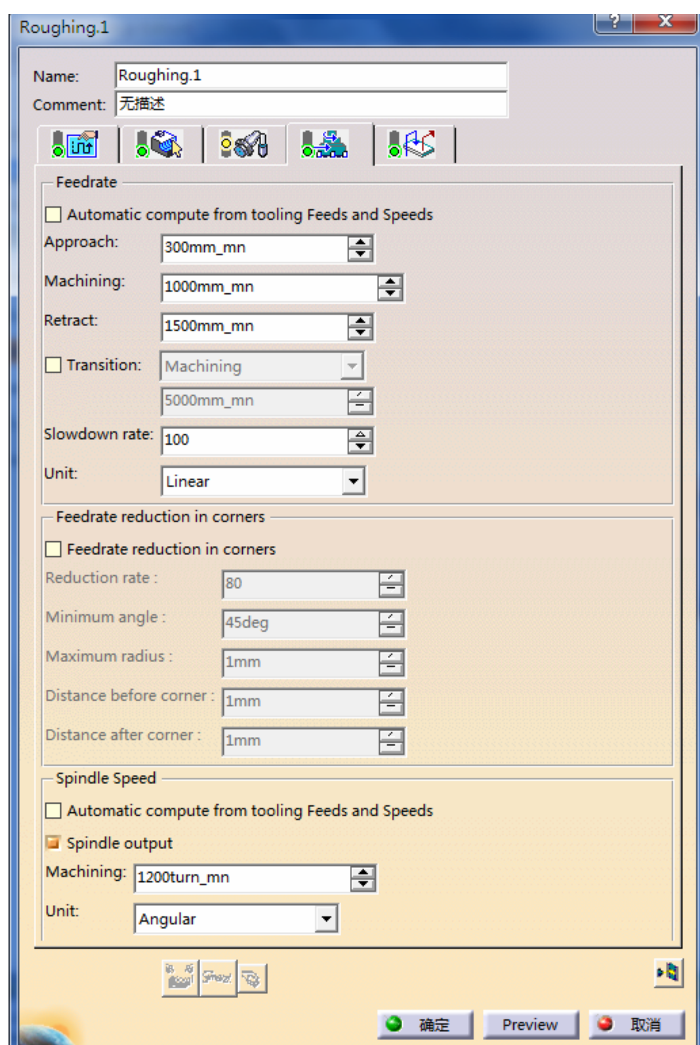


图 5-87　进给率参数选项卡（2）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Automatic”，在“Mode”下拉列表中选择“Ramping”，设置其他参数如图 5-88 所示。

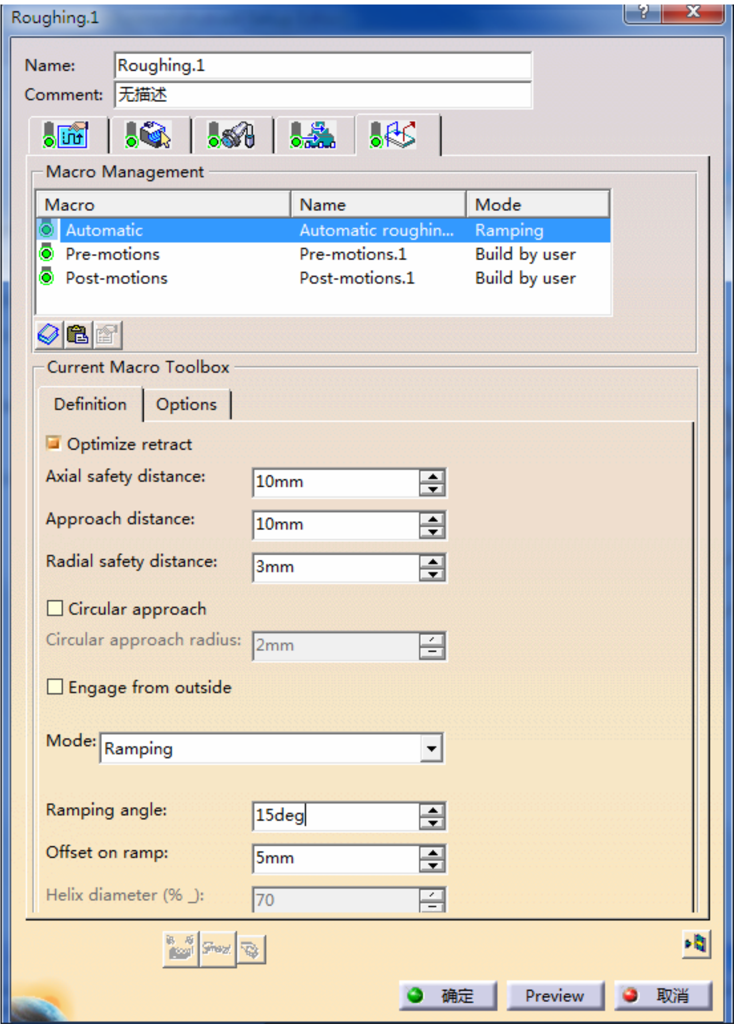


图 5-88 进退刀路径选项卡

● 在“Macro Management”区域的列表框选择“Pre-motions”，单击 Add axial motion 按钮，如图 5-89 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框选择“Post-motions”，单击 Add axial motion 按钮，如图 5-90 所示。

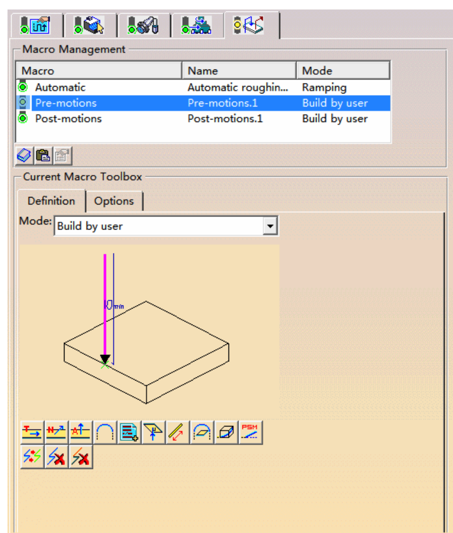


图 5-89　设置“Pre-motions”

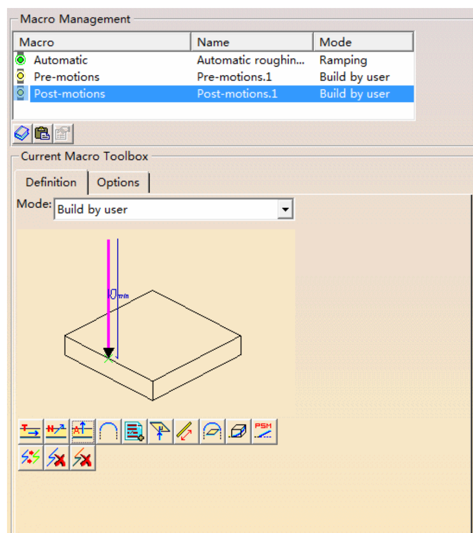
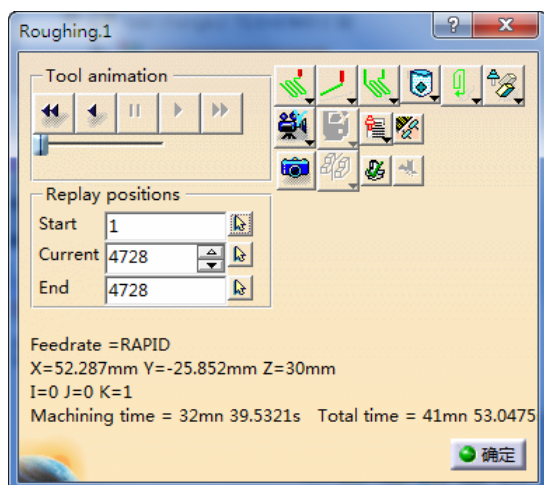


图 5-90　设置“Post-motions”

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（5）如图 5-91 所示。



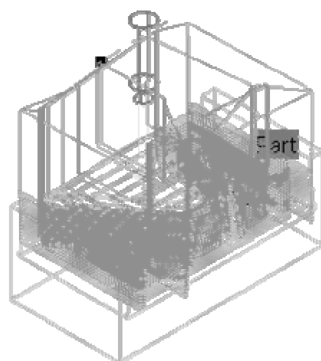


图 5-91　刀具路径轨迹（5）

● 单击图 5-91 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（5）如图 5-92 所示。

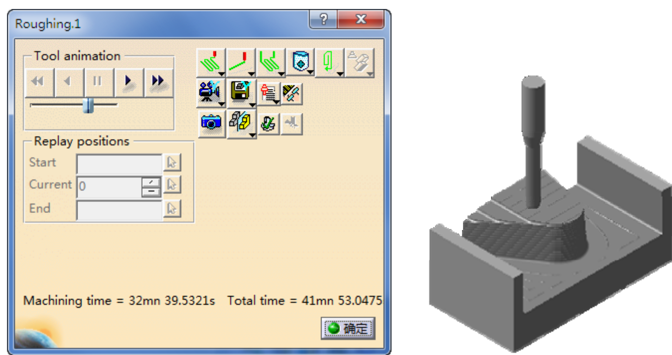


图 5-92 实体切削仿真（5）

5. 投影精加工凸台顶面

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Sweeping”命令，弹出“Multi-Axis Sweeping.1”对话框，如图 5-93 所示。

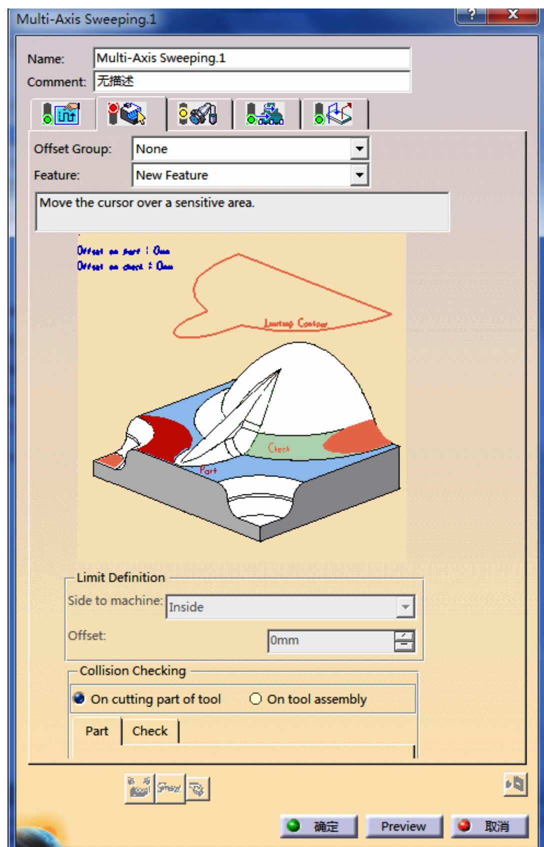


图 5-93 “Multi-Axis Sweeping.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（6）。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 5-94 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

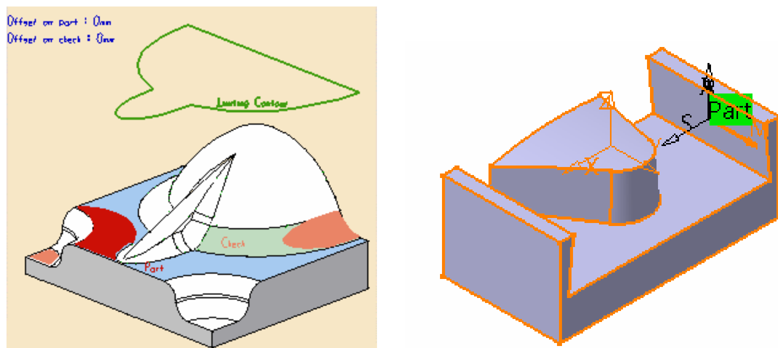


图 5-94　定义加工区域（6）

● 设置边界（2）。单击边界感应区，选择如图 5-95 所示的边线作为加工边界，双击空白处返回。

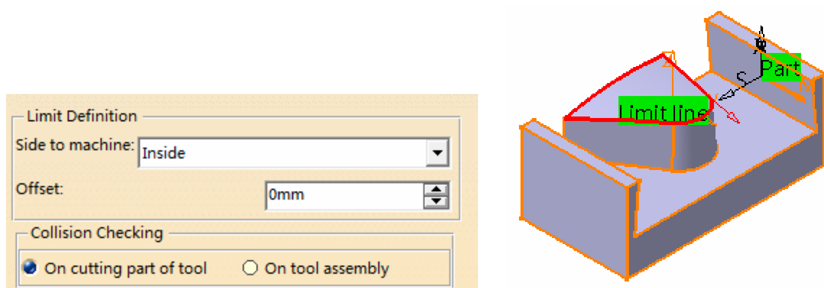
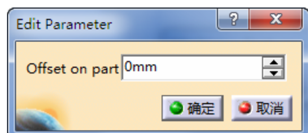


图 5-95　设置边界（2）

● 定义零件余量（6）。双击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-96 所示。

● 定义检查余量（6）。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-97 所示。



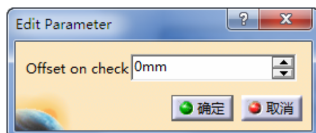


图 5-96　定义零件余量（6）　　图 5-97　定义检查余量（6）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的![icon]，切换到刀具参数选项卡（3），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D5”，选中“Ball-end tool”复选框，如图 5-98 所示。

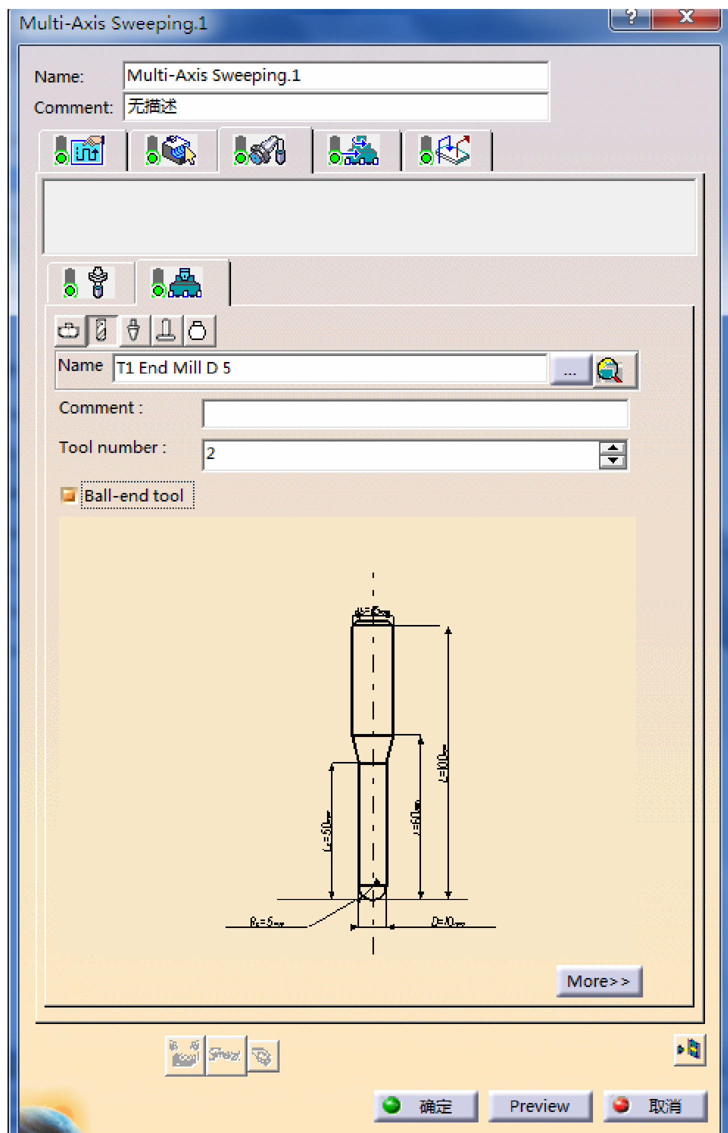


图 5-98 刀具参数选项卡（3）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，设置刀具参数（3）如图 5-99 所示。

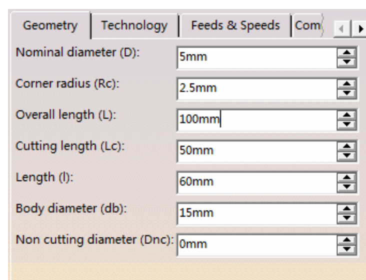


图 5-99 定义刀具参数（3）

3）定义刀具路径参数。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 在“Machining”选项卡（6）的“Machining tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-100 所示。

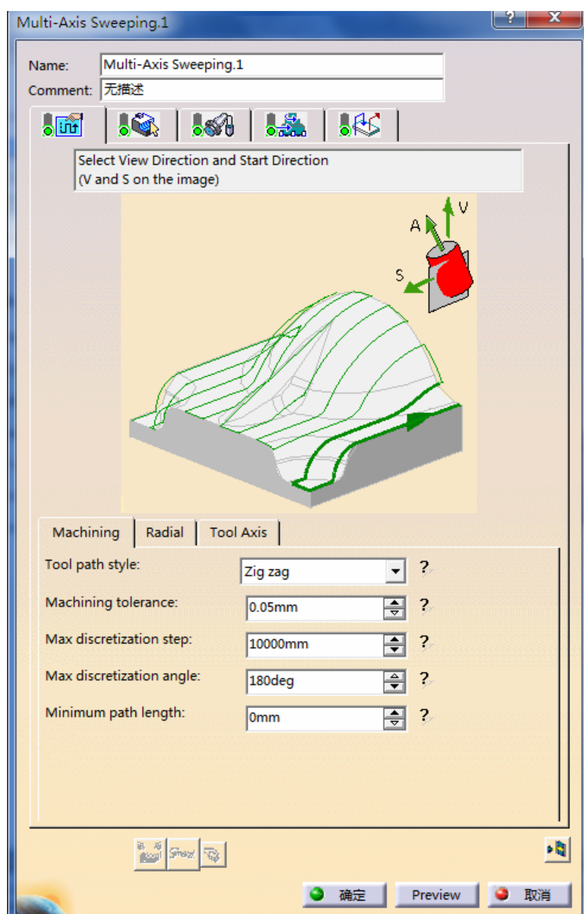


图 5-100 “Machining”选项卡（6）

● 在“Radial”选项卡（6）的“Stepover”下拉列表中选择“Scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-101 所示。

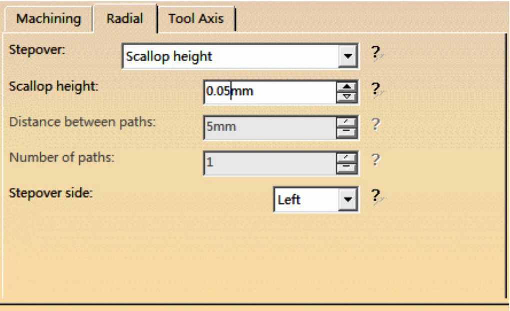


图 5-101 “Radial”选项卡（6）

● 在“Tool Axis”选项卡（5）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Normal to drive surface”，如图 5-102 所示。

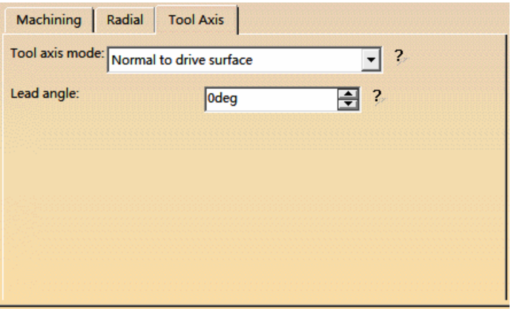


图 5-102 “Tool Axis”选项卡（5）

● 单击刀轴感应区，选择刀轴驱动曲面（2）如图 5-103 所示双击空白处返回。

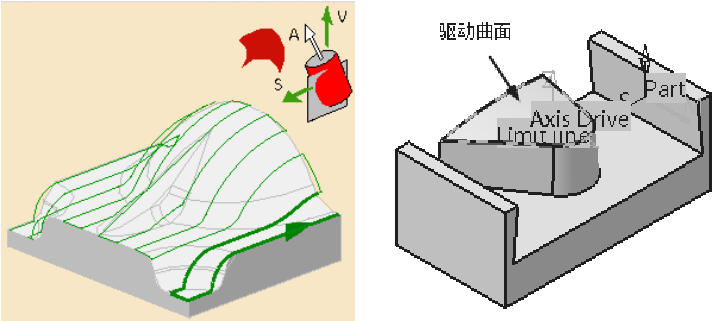


图 5-103 选择刀轴驱动曲面（2）

4）定义进给率。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），如图 5-104 所示。

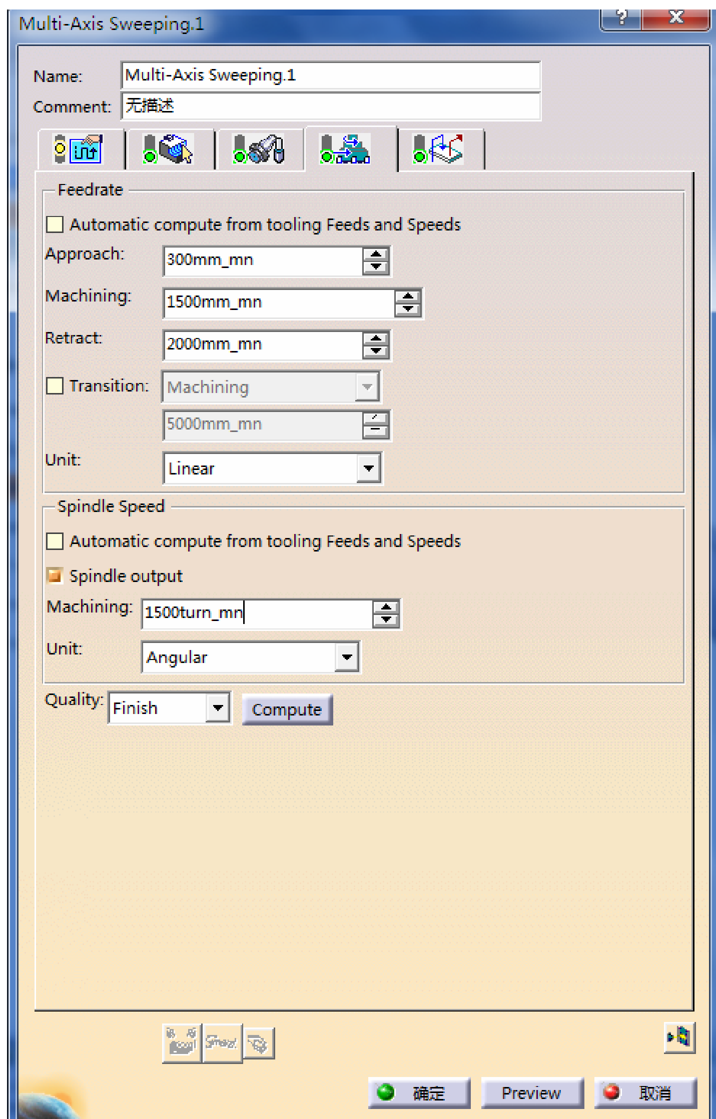


图 5-104　进给率参数选项卡（3）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的，切换到进退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选

择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（3）如图 5-105 所示。

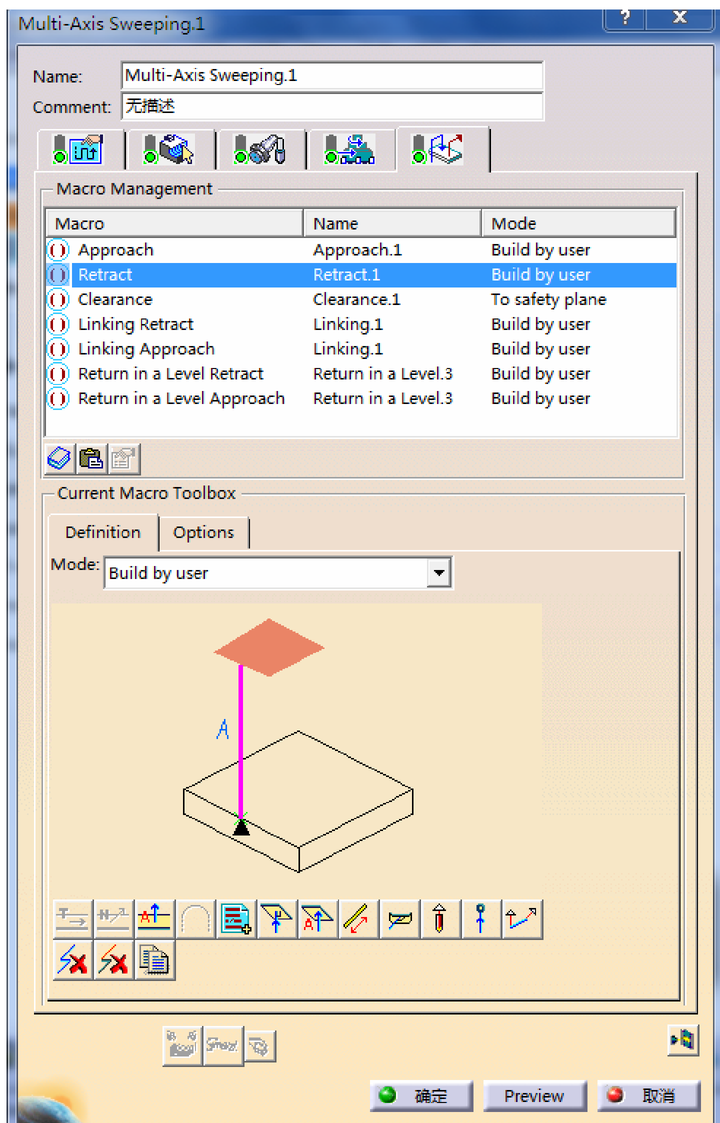


图 5-105　设置“Approach”参数（3）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（3）如图 5-106 所示。

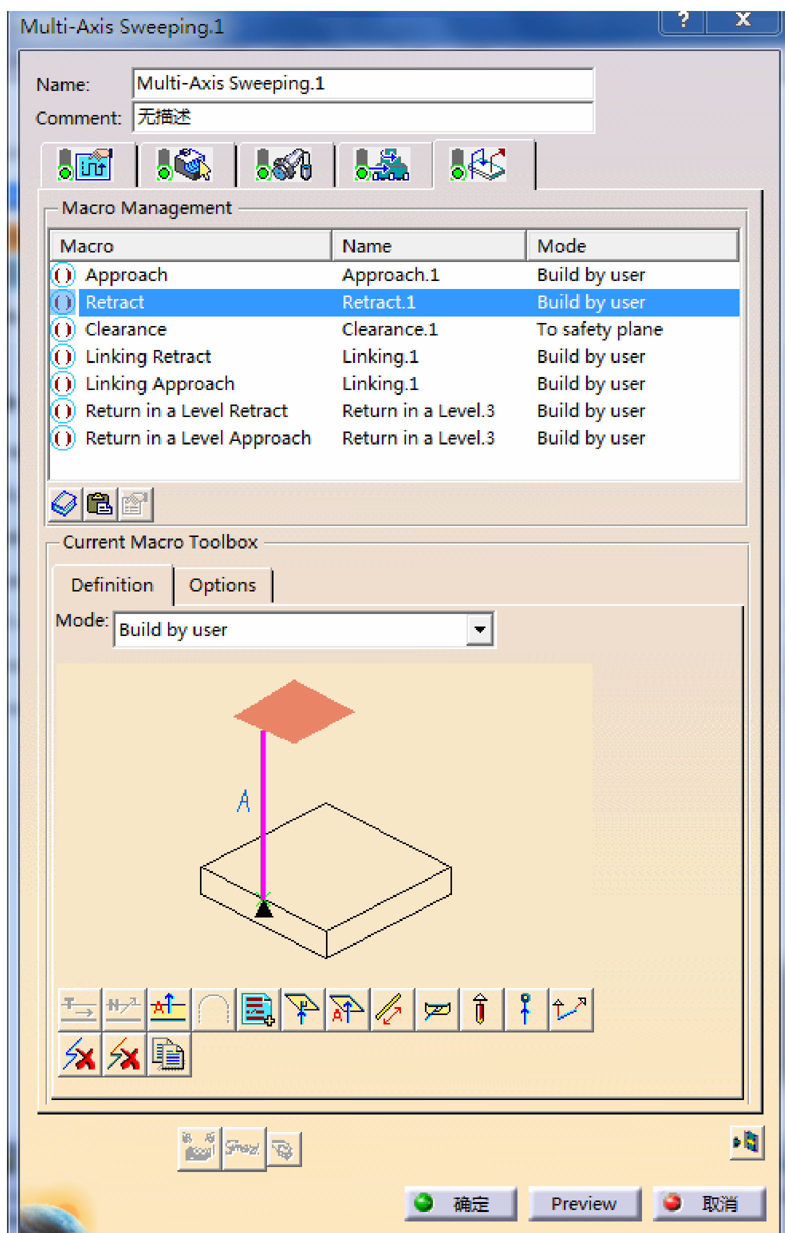
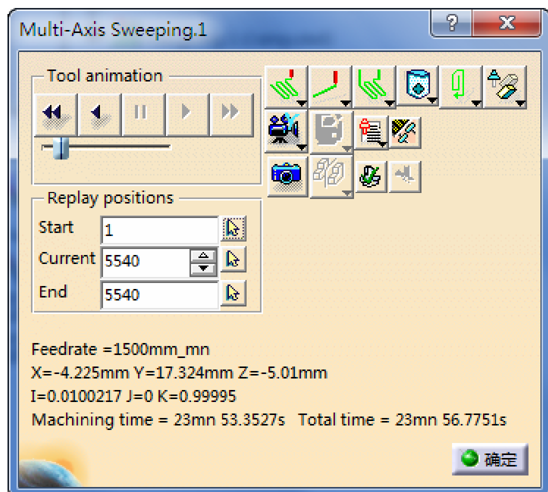


图 5-106　设置“Retract”参数（3）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Sweeping.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Axis Sweeping.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（6）如图 5-107 所示。



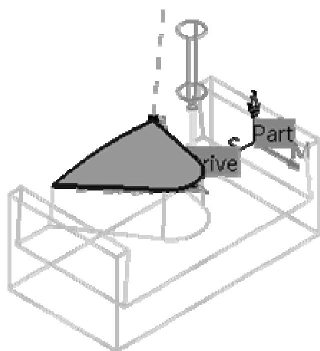
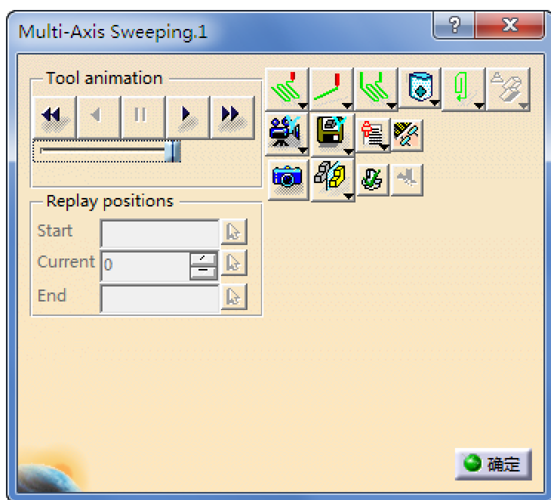


图 5-107　刀具路径轨迹（6）

● 单击图 5-108 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（6）如图 5-108 所示。



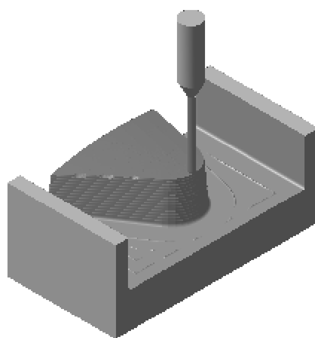


图 5-108　实体切削仿真（6）

6. ***侧刃轮廓精加工凸台侧面***

在特征树中选择“Multi-Axis Sweeping.1”节点，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Pockets Operations”→“Multi-Pockets Flank contouring”命令，弹出“Multi-Pockets Flank Contouring.1”对话框，如图 5-109 所示。

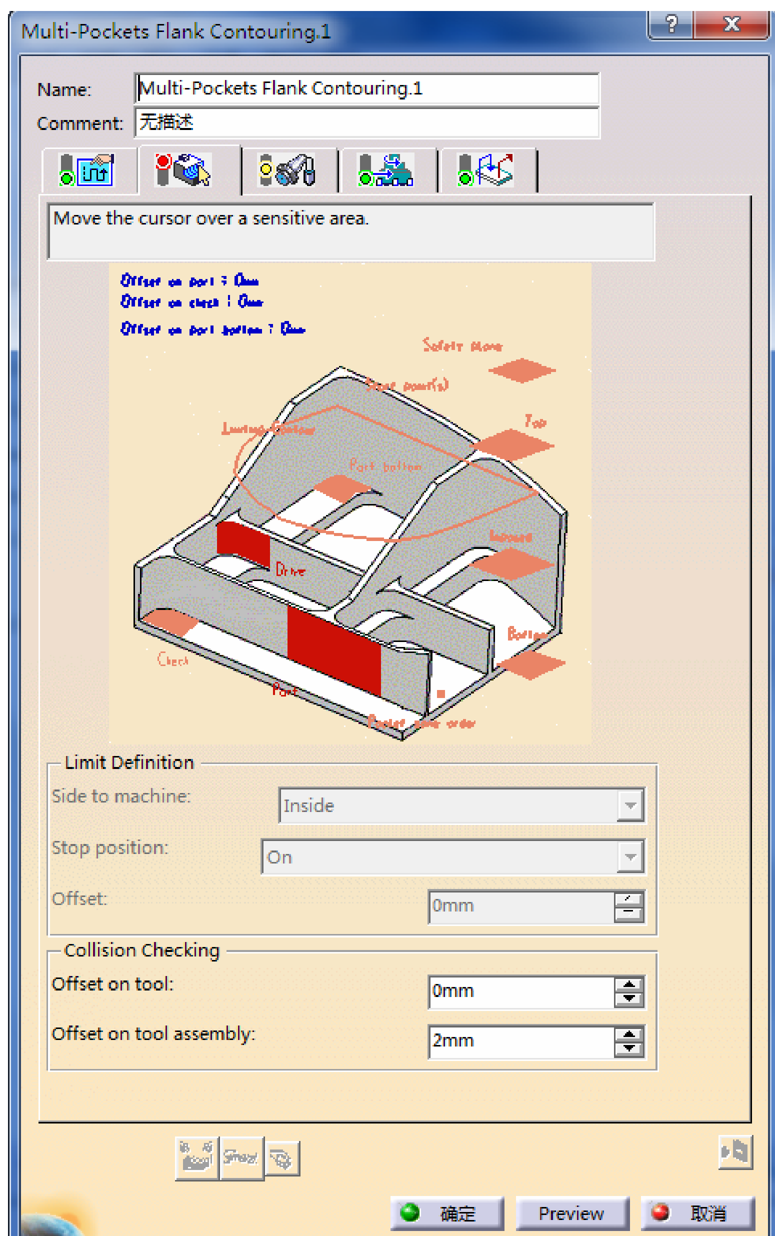


图 5-109　“Multi-Pockets Flank contouring.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（7）。单击“Multi-Pockets Flank Contouring.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对象，如图 5-110 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

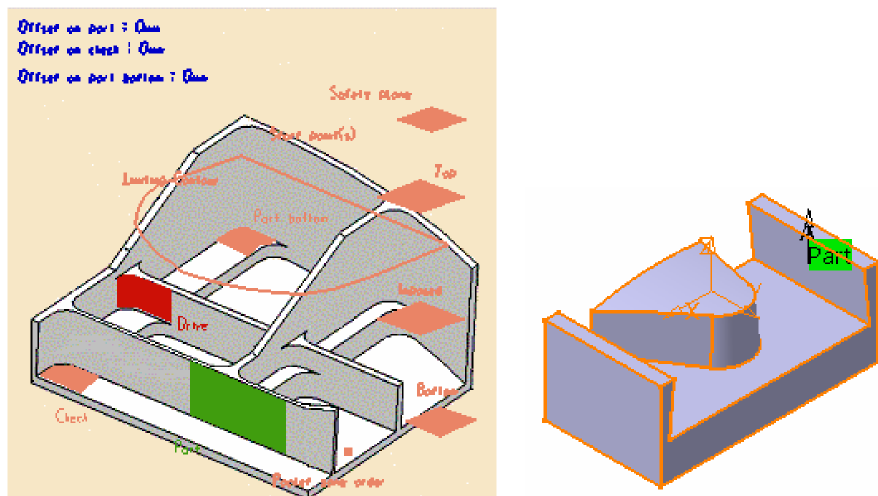


图 5-110 定义加工区域（7）

● 设置边界（3）。单击驱动区域感应区，选择如图 5-95 所示的凸台侧面作为驱动区域，双击空白处返回。设置边界（3）如图 5-111 所示。

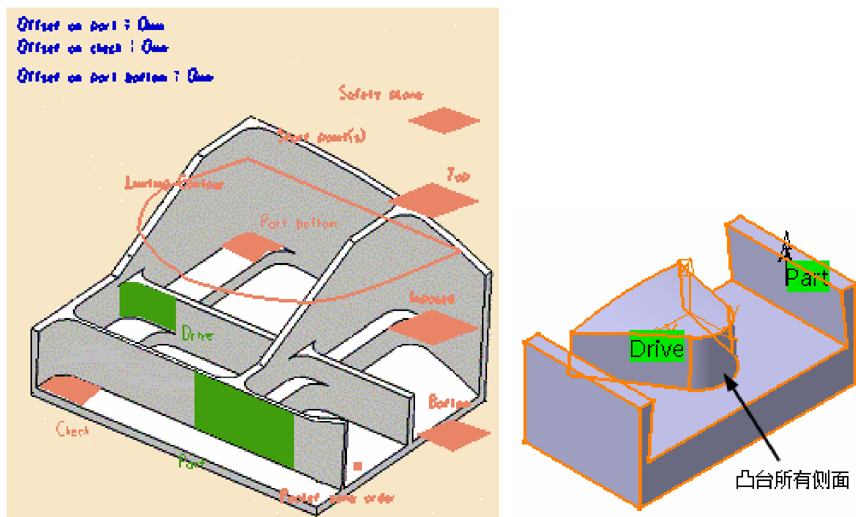


图 5-111 设置边界（3）

● 定义零件余量（7）。双击“Multi-Pockets Flank contouring.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-112 所示。

● 定义检查余量（7）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-113 所示。

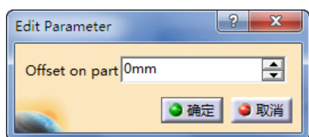


图 5-112　定义零件余量（7）

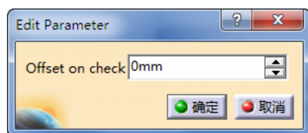


图 5-113　定义检查余量（7）

2）定义刀具路径参数。单击“Multi-Pockets Flank Contouring.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（7）的“Machining tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-114 所示。

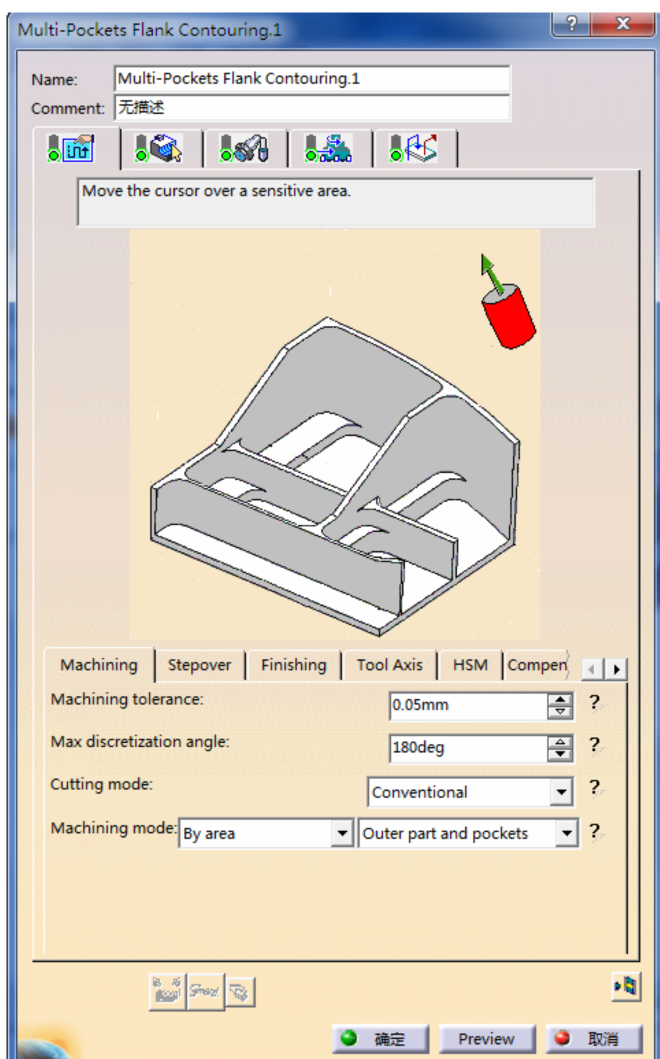


图 5-114　“Machining”选项卡（7）

● 单击“Stepover”选项卡，在“Sequencing”下拉列表中选择“Radial first”，其他参数如图 5-115 所示。

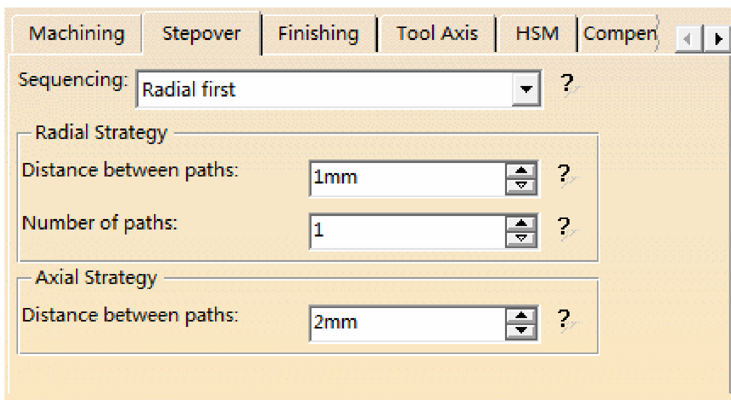


图 5-115 “Stepover”选项卡

● 在“Tool Axis”选项卡（6）的“Guidance”下拉列表中选择“Automatic tilt”，如图 5-116 所示。

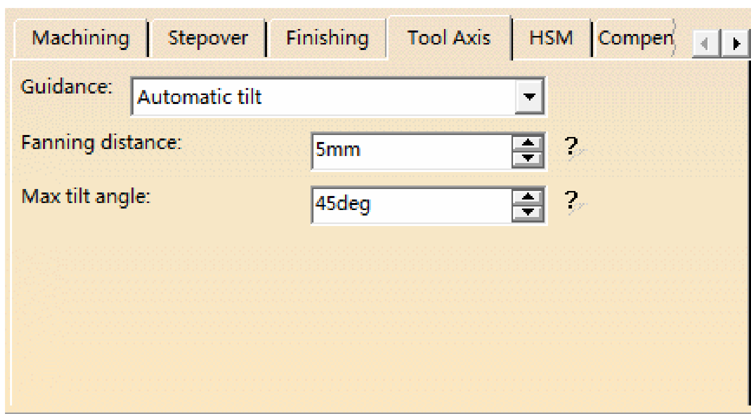


图 5-116 “Tool Axis”选项卡（6）

3）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Pockets Flank Contouring.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，单击 Add axial motion 按钮，设置“Approach”参数（4）如图 5-117 所示。

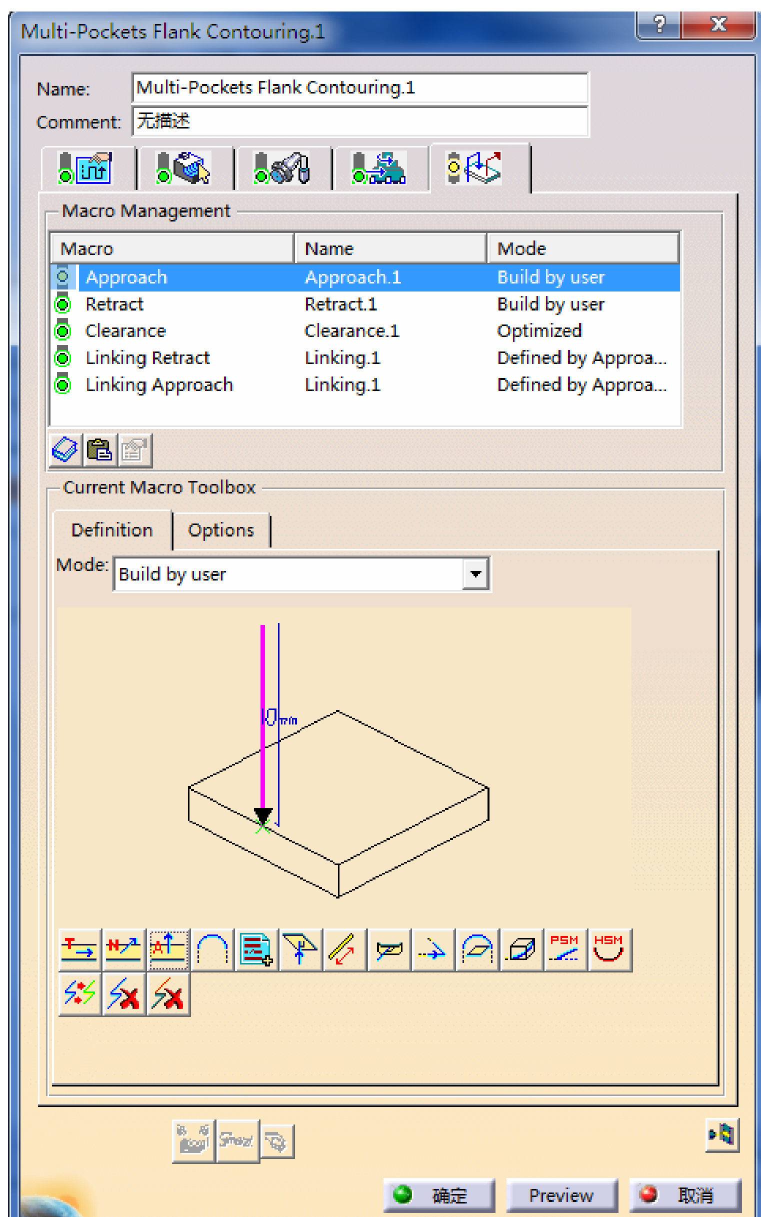


图 5-117　设置“Approach”参数（4）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，单击 Add axial motion 按钮，设置“Retract”参数（4）如图 5-118 所示。

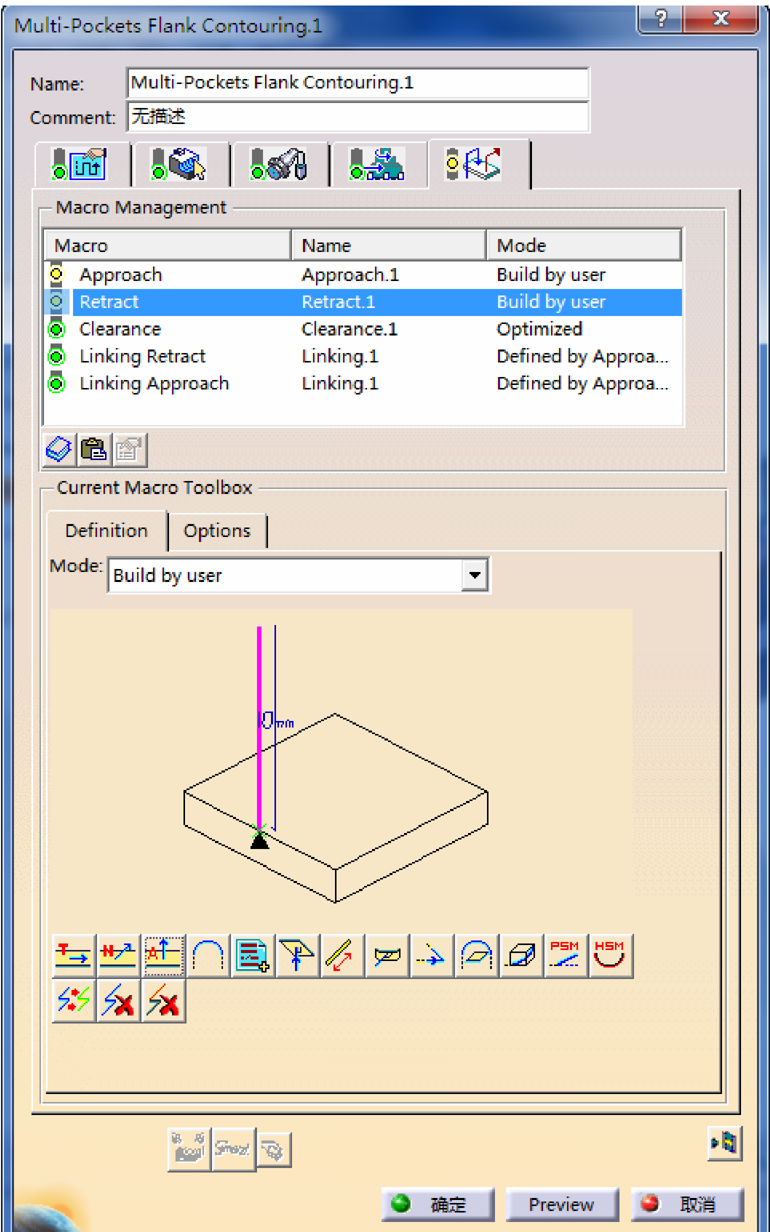
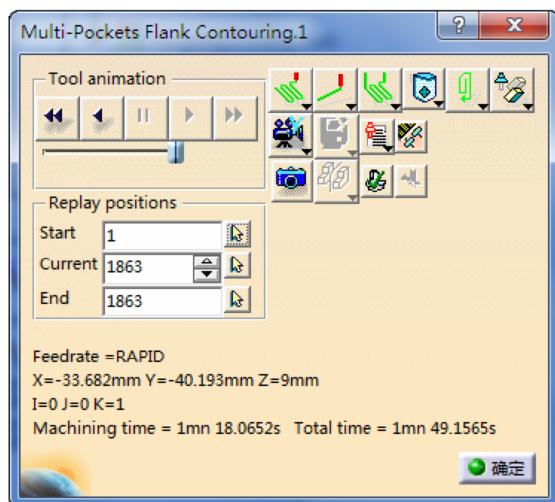


图 5-118 设置“Retract”参数（4）

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Pockets Flank contouring.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Pockets Flank contouring.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（6）如图 5-119 所示。



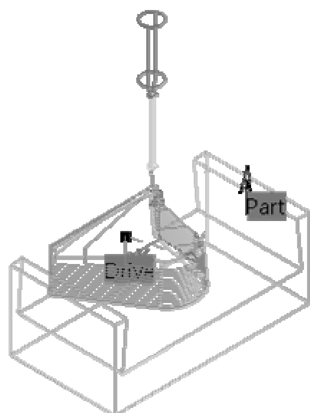
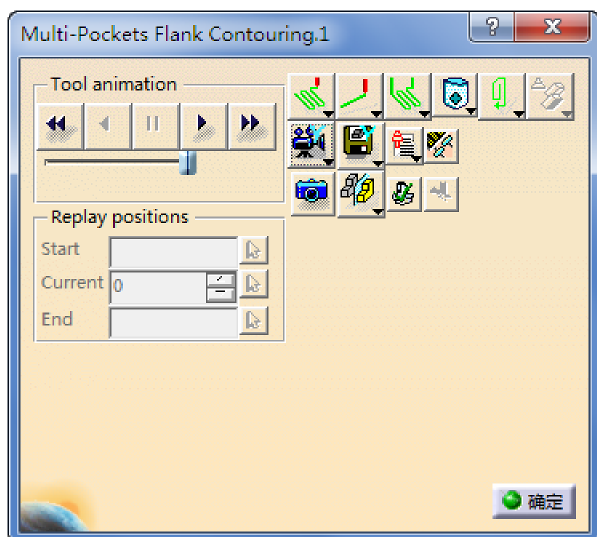


图 5-119　刀具路径轨迹（6）

● 单击图 5-119 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（6）如图 5-120 所示。



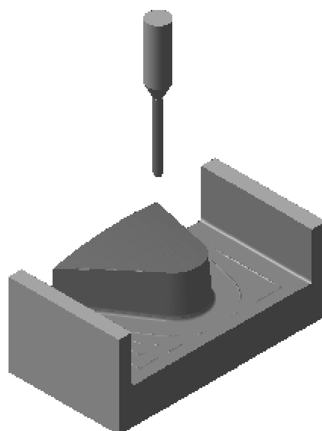


图 5-120　实体切削仿真（6）

7. ***侧刃轮廓精加工侧壁面***

1）重复 5.2.2 的步骤 5，铣削加工如图 5-121 所示的零件侧壁，生成刀具路径轨迹和实体切削仿真，如图 5-121 所示。

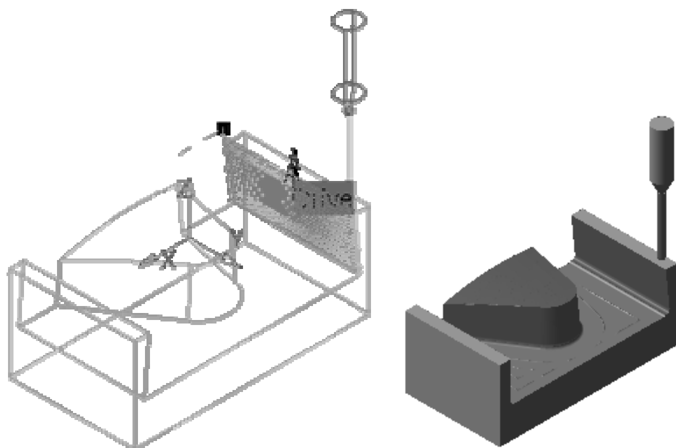


图 5-121　刀具路径轨迹和实体切削仿真

2）重复 5.2.2 的步骤 5，铣削加工如图 5-122 所示的零件侧壁，生成刀具路径轨迹和实体切削仿真，如图 5-122 所示。

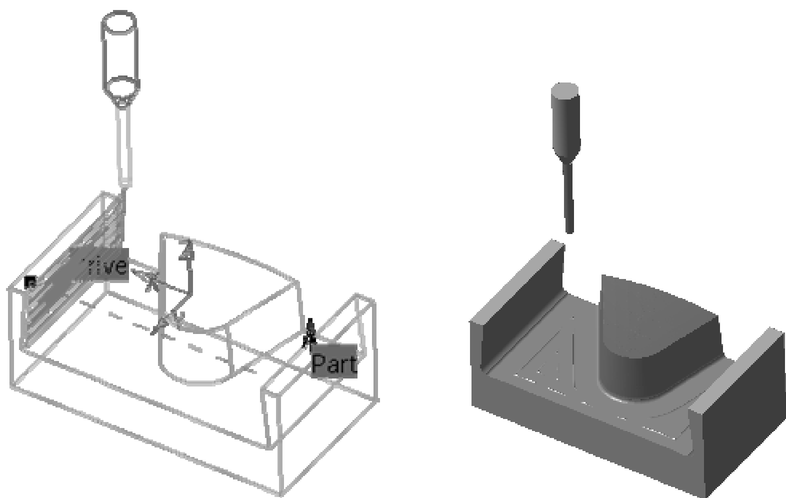


图 5-122　刀具路径轨迹和实体切削仿真

8. **沿面精加工型腔底面**

在特征树中选择“Multi-Pockets Flank Contouring.3”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Isoparametric Machining”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Isoparametric Machining 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框（2），如图 5-123 所示。

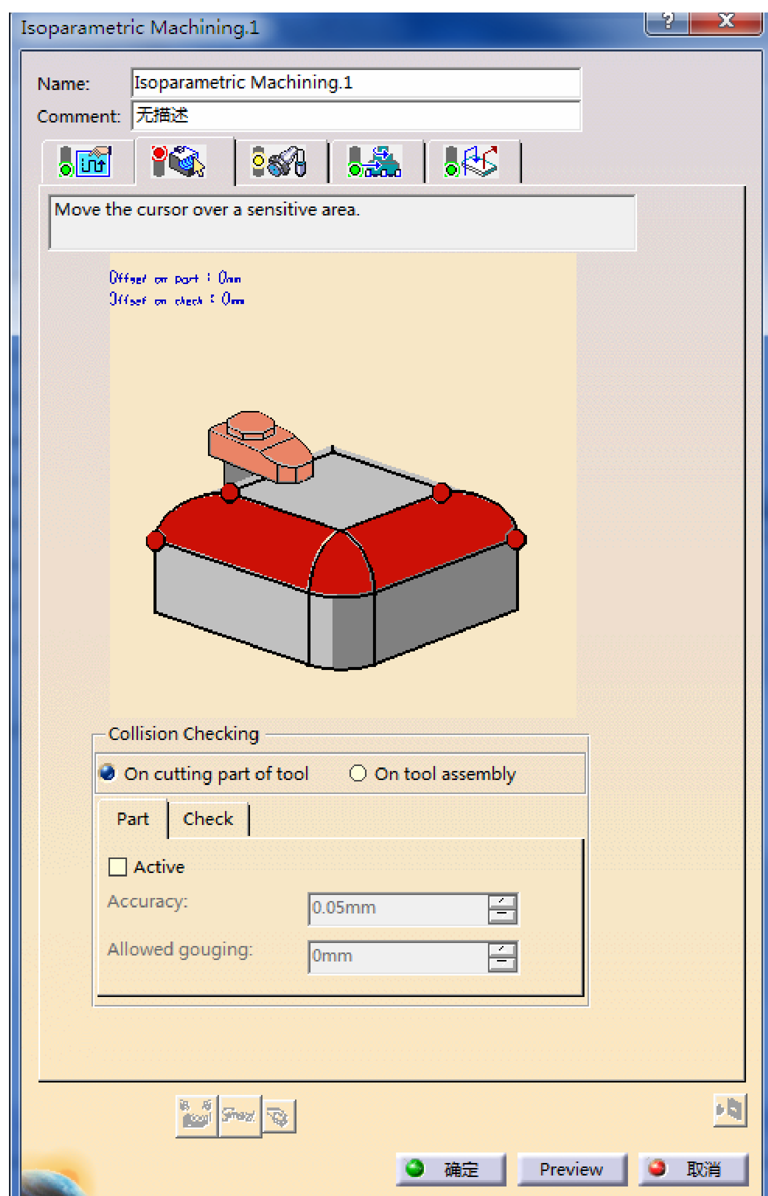


图 5-123　“Isoparametric Machining.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域（8）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的图标，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的加工曲面感应区，选择型腔底面作为加工对象，如图 5-124 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

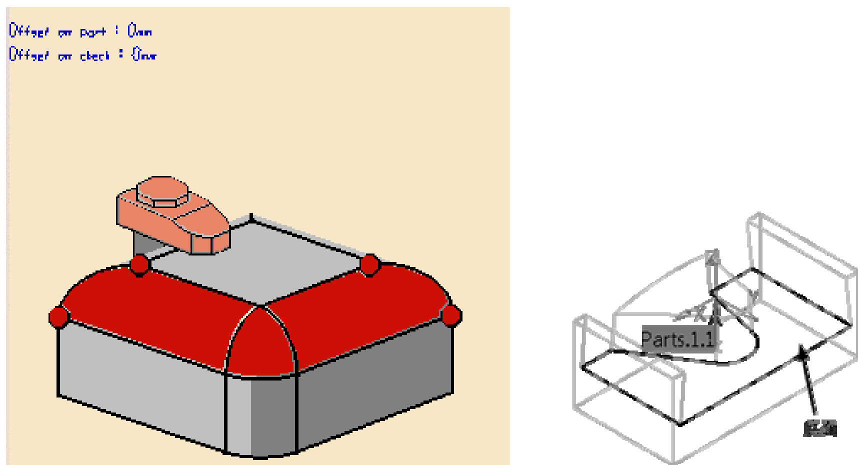


图 5-124　选择加工区域（8）

● 选择端点（4）。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的端点感应区，在图形区依次选择如图 5-125 所示的 4 个端点，其他点自动选取，双击空白处返回。

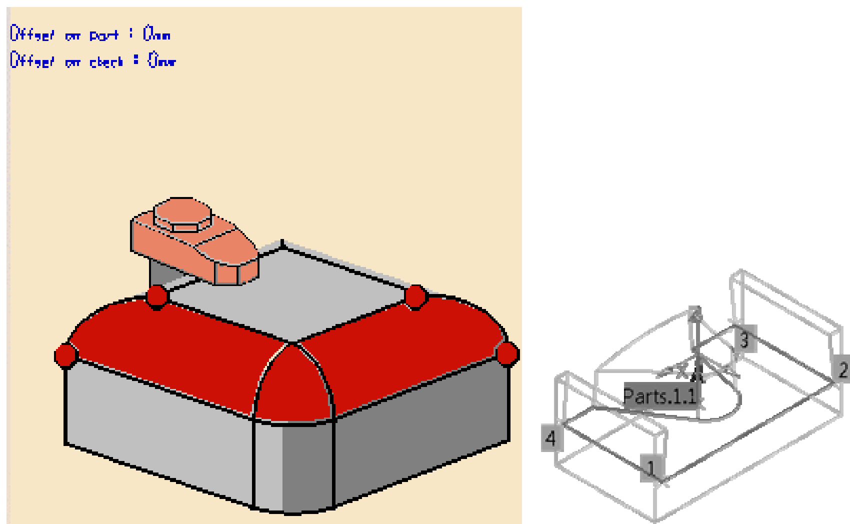


图 5-125　选择端点（4）

● 定义零件余量（8）。双击“Isoparametric Machining.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-126 所示。

● 定义检查余量（8）。双击“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0mm”，如图 5-127 所示。

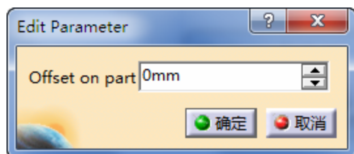


图 5-126　定义零件余量（8）

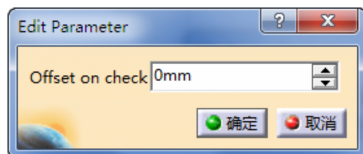


图 5-127　定义检查余量（8）

2）定义刀具路径参数。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的[icon]，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（8）的“Machine tolerance”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-128 所示。

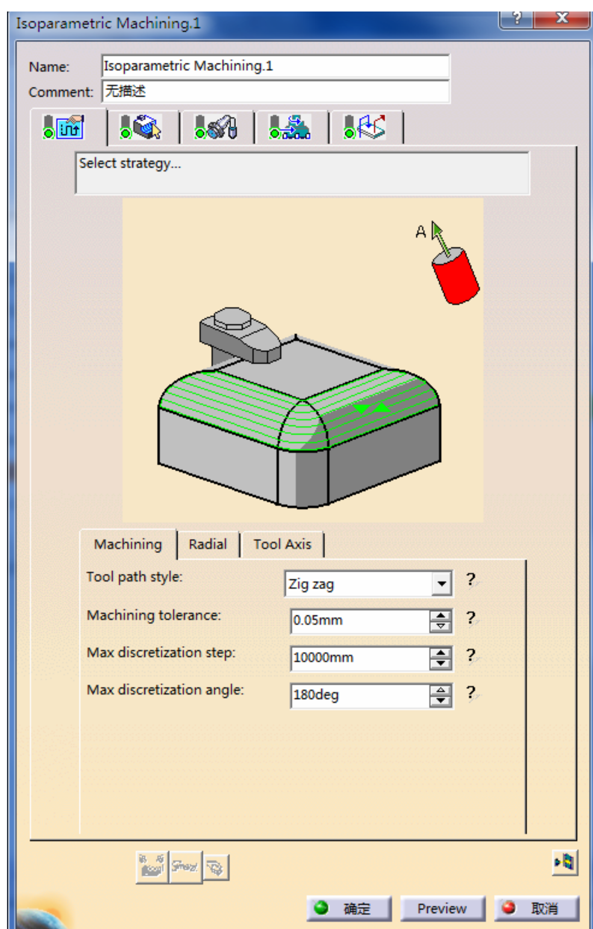


图 5-128　“Machining”选项卡（8）

● 在“Radial”选项卡（7）的“Stepover”下拉列表中选择“scallop height”，在“Scallop height”文本框中输入“0.05mm”，如图 5-129 所示。

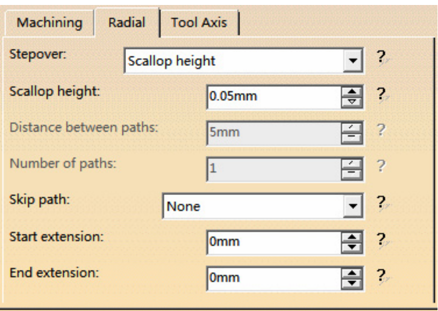


图 5-129 “Radial”选项卡（7）

● 在“Tool Axis”选项卡（7）的“Tool axis mode”下拉列表中选择“Thru a guide”，如图 5-130 所示。

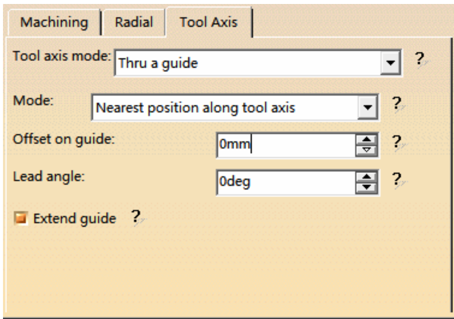


图 5-130 “Tool Axis”选项卡（7）

● 单击刀轴感应区，选择如图 5-131 所示的曲线作为刀轴引导曲线，双击空白处返回。

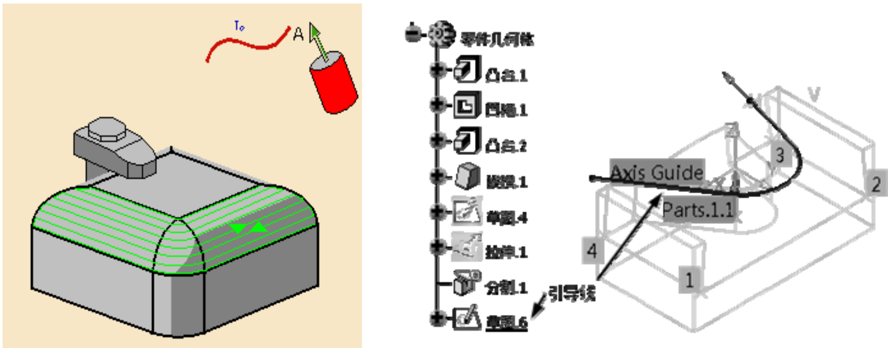


图 5-131 选择刀轴引导曲线

● 反转刀轴方向（2）。单击“From”，将“From”改变成“To”，反转刀轴方向，如图 5-132 所示。

3）定义进刀、退刀路径。单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

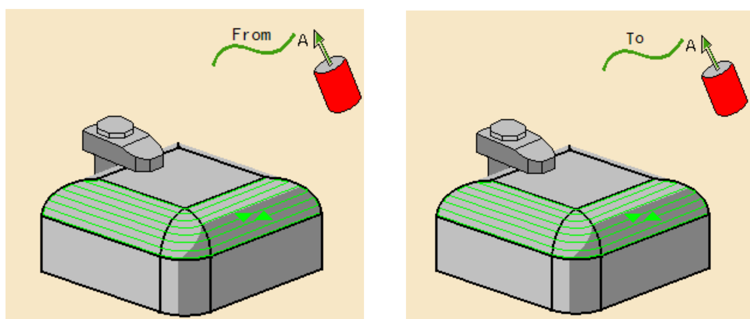


图 5-132　反转刀轴方向（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（5）如图 5-133 所示。

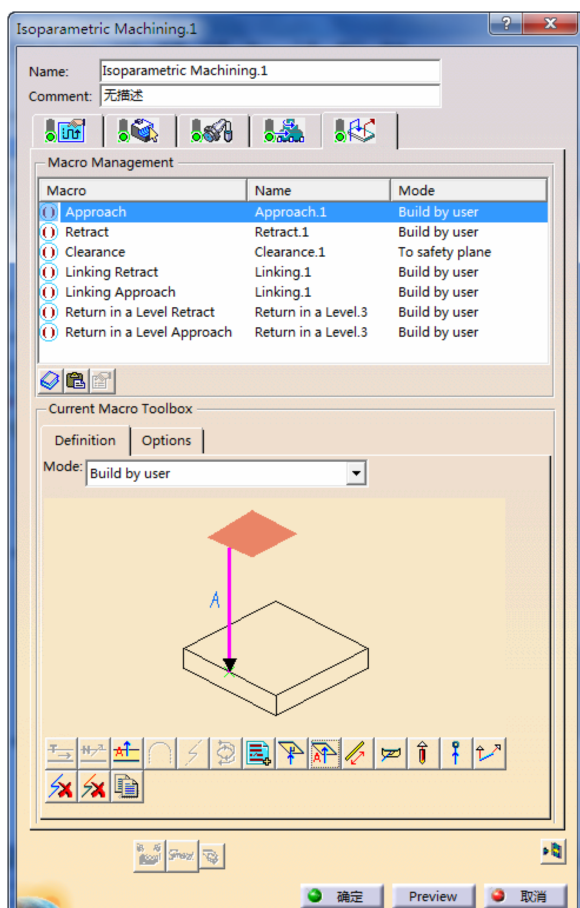


图 5-133　设置“Approach”参数（5）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（5）如图 5-134 所示。

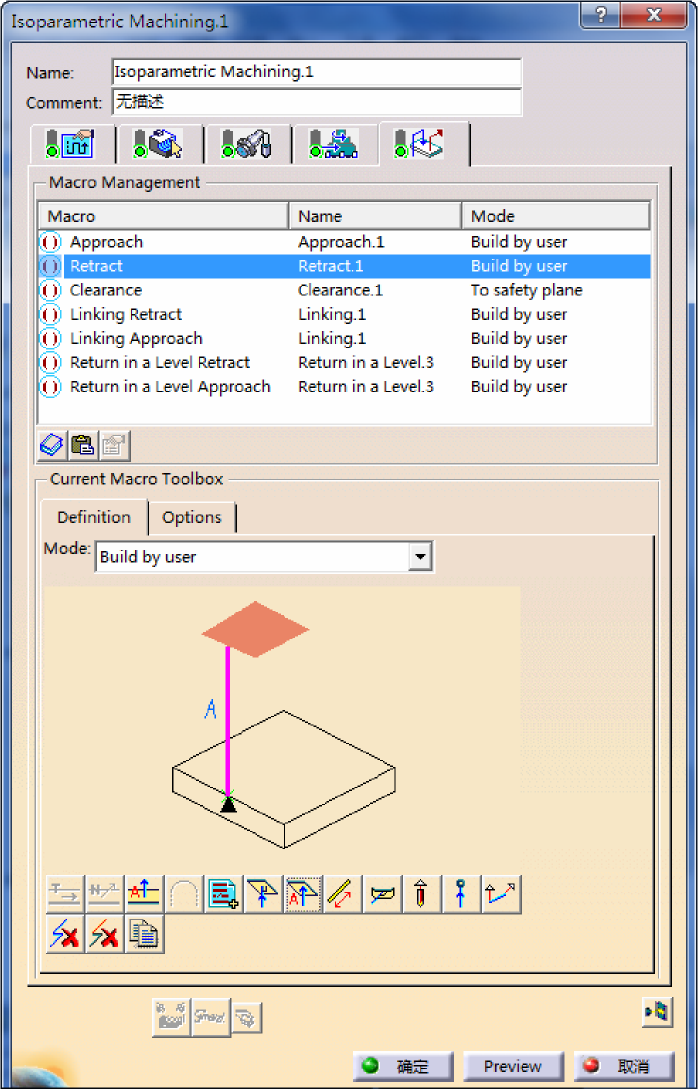
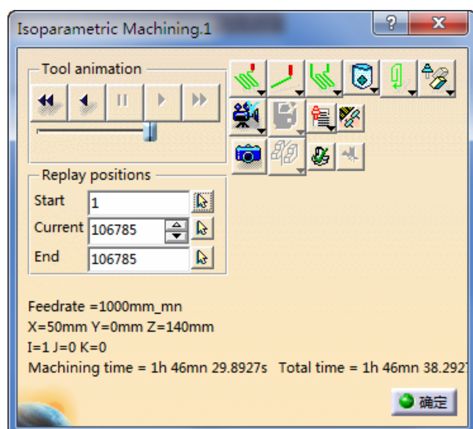


图 5-134 设置“Retract”参数（5）

4）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Isoparametric Machining.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（8）如图 5-135 所示。



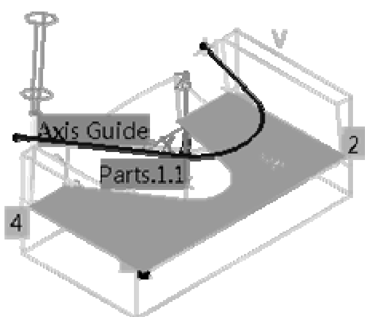
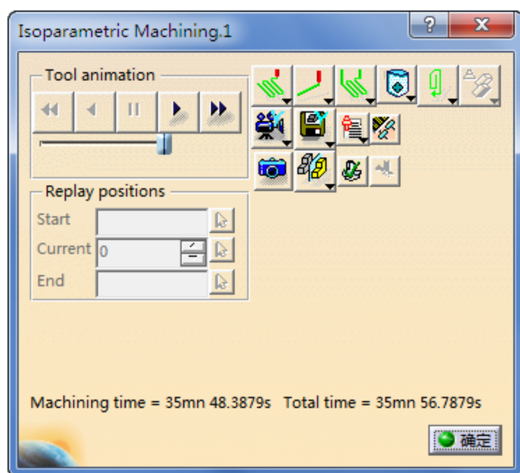


图 5-135　刀具路径轨迹（8）

● 单击图 5-136 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（8）如图 5-136 所示。



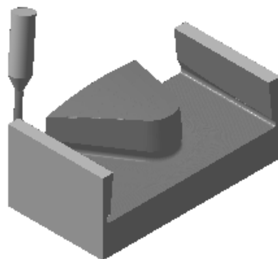


图 5-136　实体切削仿真（8）

5）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 5 章\5.2\completed\kaicao.CATProcess）。

5.2.5　实例总结

本节讲解了 CATIA V5 R20 开槽零件五轴铣削数控加工的方法和具体步骤，读者在学习过程中需要注意：侧刃轮廓精加工用于定义沿驱动曲面的侧刃画线移动的刀轴，此时刀轴根据所选择曲面自动设置倾斜程度。

第 6 章　CATIA V5 R20 车削加工实例

数控车削加工是多轴加工的常用工种，通常适合应用于轴类、套类零件的加工。本章按照由浅入深的原则，通过两个实例来讲解 CATIA V5 R20 车削加工的一般方法和实际应用。

6.1　入门实例——球头轴数控车削加工

6.1.1　实例描述

球头轴如图 6-1 所示，其轮廓面是回转面，要加工的面是所有外圆柱面以及螺纹。材料为 45 钢。

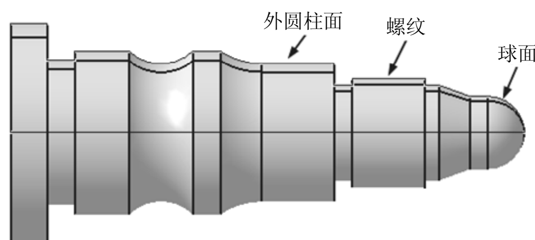


图 6-1　球头轴

6.1.2　加工方法分析

根据车削数控加工工艺的要求，按照粗车→精车的顺序，依次加工外表面，采用粗车→空槽→轮廓精车→沟槽→“螺纹”加工。

6.1.3　加工流程与所用知识点

球头轴数控加工的设计流程和知识点见表 6-1。

表 6-1　球头轴数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4：粗车加工	粗车加工用于移除大量材料，一般加工精度比较低，主要用于加工零件的外表面	
Step 5：空槽加工	轴类零件空槽加工主要用于加工轴的连接部分的凹槽，刀具平行于轴线进给	
Step6：轮廓精车加工	轮廓精车加工主要用于加工精密轴类零件	

（续）

设 计 流 程	知 识 点	设计流程效果图
Step7： 沟槽加工	沟槽精车加工用于在沟槽粗加工后进行精切削	
Step8： 外螺纹加工	加工外螺纹	

6.1.4 具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“qiutouzhou.catpart”（随书光盘：\第 6 章\6.1\uncompleted\qiutouzhou.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（1）如图 6-2 所示。

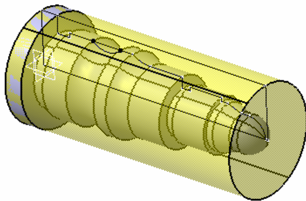


图 6-2 打开的模型文件（1）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Lathe Machining”命令，进入车削加工环境。

2. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（1），如图 6-3 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（1），选择“Horizontal Lathe Machine.1”，如图 6-4 所示。

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

- 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1），如图 6-5 所示。

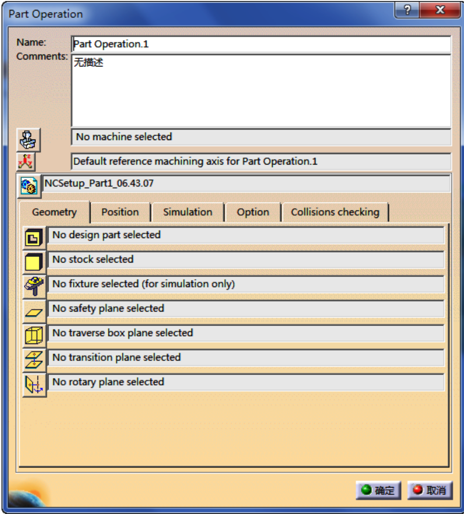


图 6-3　“Part Operation”对话框（1）

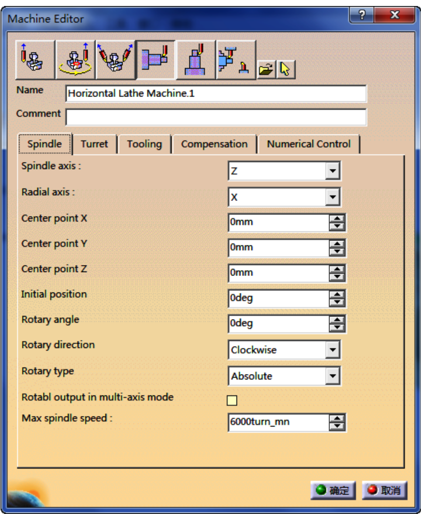


图 6-4　“Machine Editor”对话框（1）

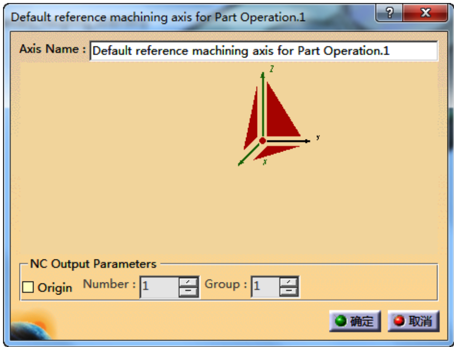


图 6-5　“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 6-6 所示的圆，系统自动以圆心作为坐标原点，定义加工坐标系（1）如图 6-6 所示。

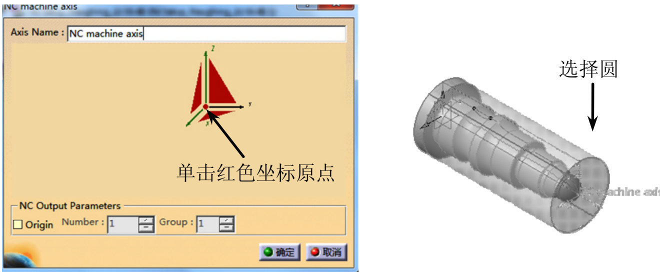


图 6-6　定义加工坐标系（1）

● 单击对话框中的 *Z* 轴，系统弹出“Direction Z”对话框，*Z* 轴方向设定（1）如图 6-7 所示。单击“确定”按钮完成设定。

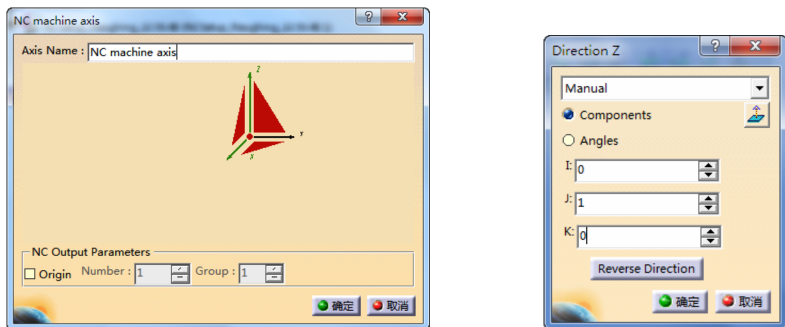


图 6-7 *Z* 轴方向设定（1）

● 单击对话框中的 *X* 轴，系统弹出“Direction X”对话框，*X* 轴方向设定（1）如图 6-8 所示。单击“确定”按钮完成设定。

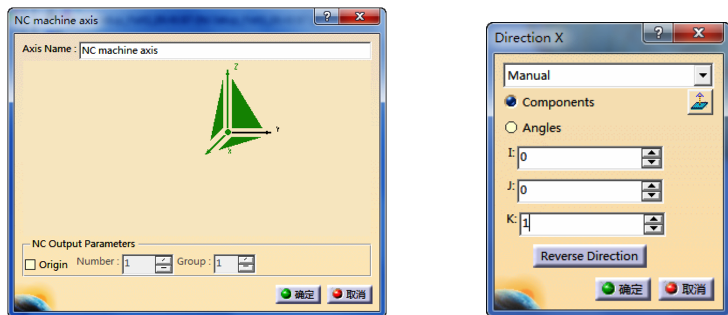


图 6-8 *X* 轴方向设定（1）

4）定义目标加工零件（1）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 6-9 所示的实体作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（1）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 6-10 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

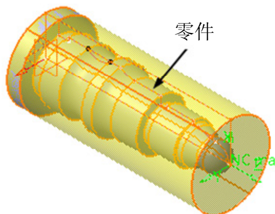


图 6-9 定义目标加工零件（1）

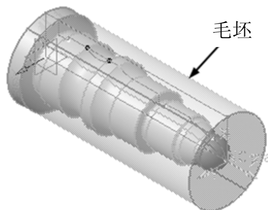


图 6-10 定义毛坯零件（1）

6）定义换刀点（1）。选择“Part Operation.1”对话框中的“Position”选项卡，然后设置相关参数如图 6-11 所示。单击“Part Operation.1”对话框完成定义换刀点操作。

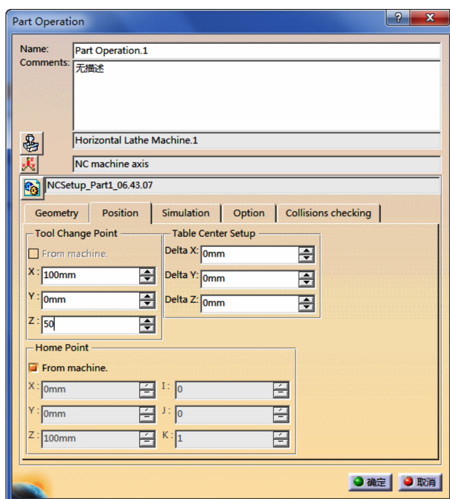


图 6-11　定义换刀点（1）

3. 粗车加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Rough Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Rough Turning operation 按钮，弹出“Rough Turning.1”（1）对话框，如图 6-12 所示。

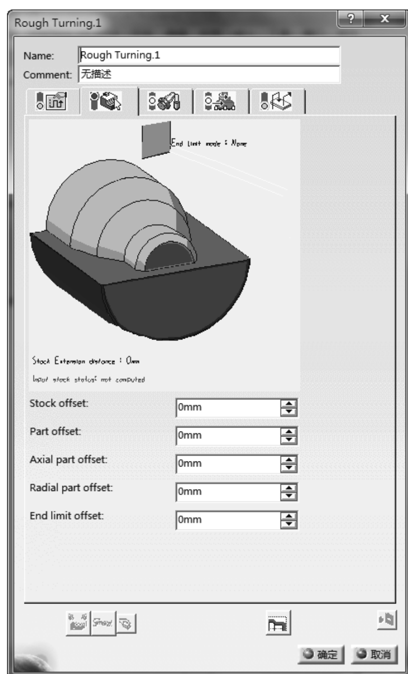


图 6-12　“Rough Turning.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

- 定义零件轮廓（1）。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-13 所示的曲线作

为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义毛坯边界（1）。单击对话框中毛坯边界感应区，选择如图 6-14 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

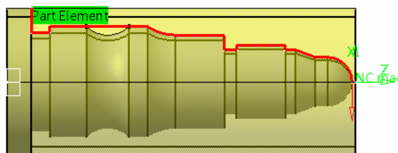


图 6-13 定义零件轮廓（1）

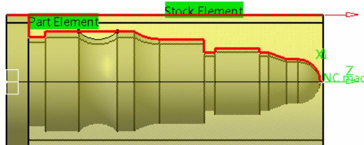


图 6-14 定义毛坯边界（1）

● 定义零件余量（1）。在“Part Offset”文本框中输入“1mm”，设置余量大小为“1mm”，如图 6-15 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的图标，切换到刀具参数选项卡（1），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.1”，如图 6-16 所示。

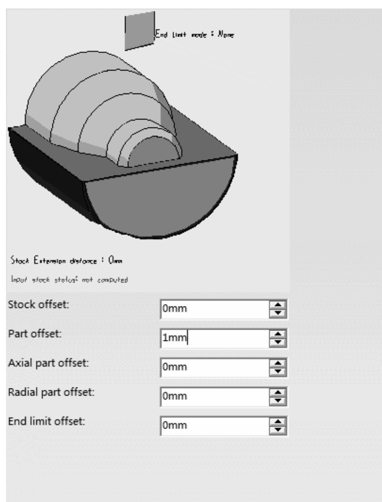


图 6-15 定义零件余量（1）

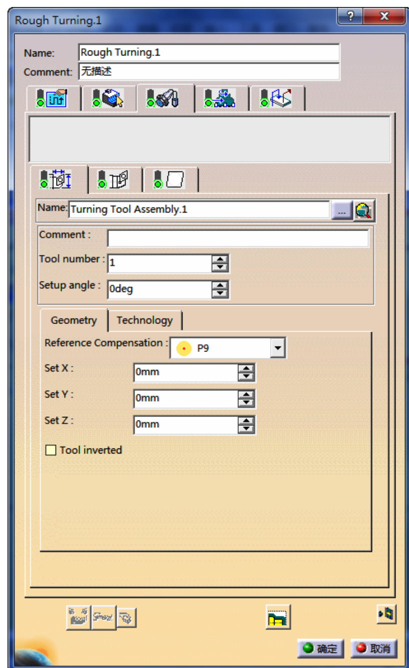


图 6-16 刀具参数选项卡（1）

● 单击刀具参数选项卡中的图标，切换到刀柄选项卡（1），设置刀具刀柄的参数，如图 6-17 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的图标，切换到刀片选项卡（1），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-18 所示。

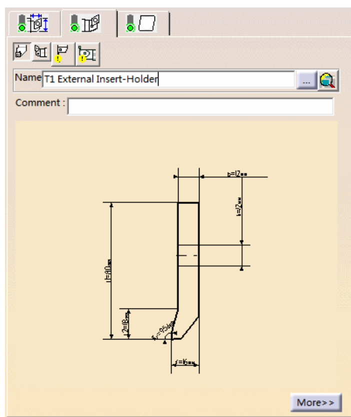


图 6-17　刀柄选项卡（1）

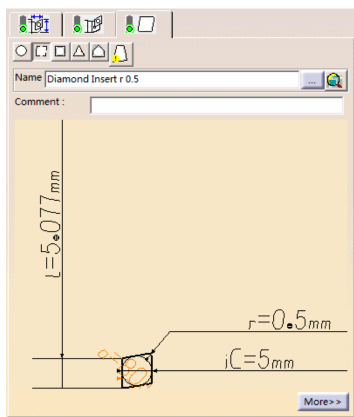


图 6-18　刀片选项卡（1）

3）定义刀具路径参数。单击“Rough Turning.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Machining”选项卡（1），在“Roughing mode”下拉列表中选择“Longitudinal”，在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，在“Part contouring”下拉列表中选择“Last path only”，如图 6-19 所示。

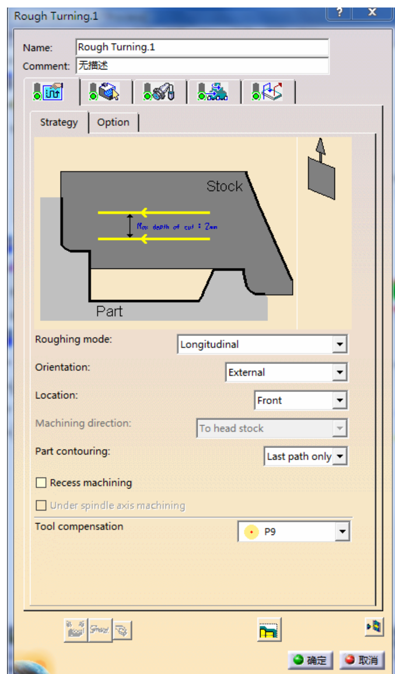


图 6-19　“Machining”选项卡（1）

● 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（1）中输入“2”mm，如图 6-20 所示。

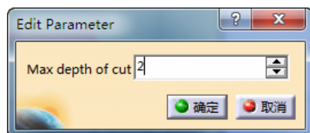


图 6-20 “Edit Parameter”选项卡（1）

● 单击“Option”选项卡（1），设置切入/切出参数如图 6-21 所示。

4）定义进给率。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（1），如图 6-22 所示。

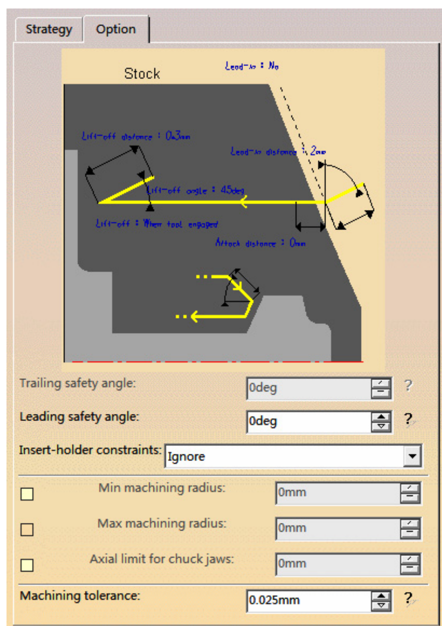


图 6-21 “Option”选项卡（1）

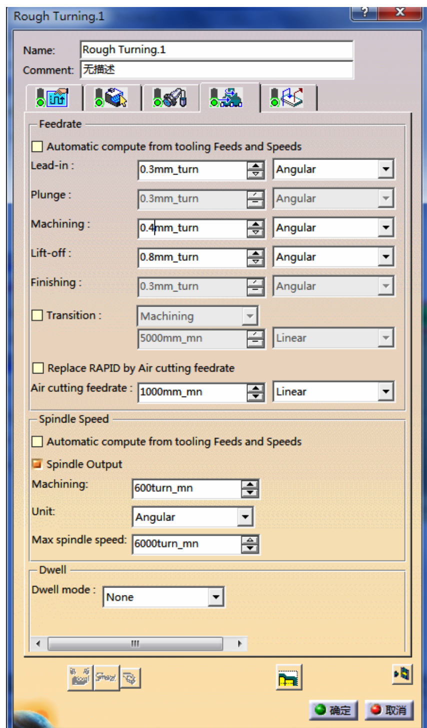


图 6-22 进给率参数选项卡（1）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到“进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Approach”参数（1）如图 6-23 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build

by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（1）如图 6-24 所示。

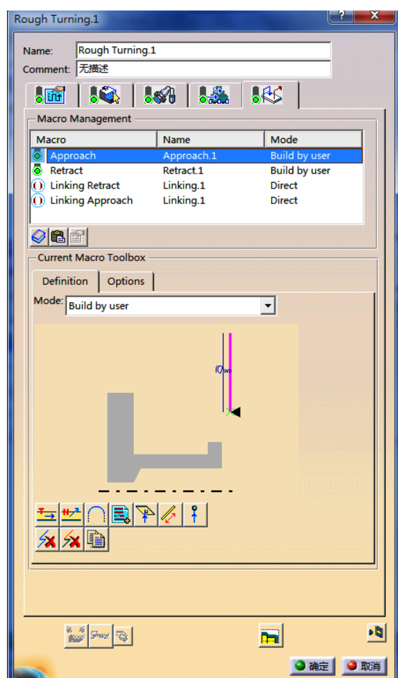


图 6-23　设置“Approach”参数（1）

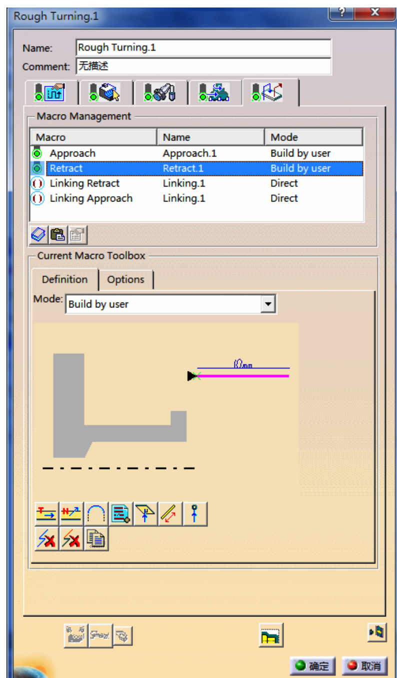


图 6-24　设置“Retract”参数（1）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（1）如图 6-25 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（1）如图 6-26 所示。

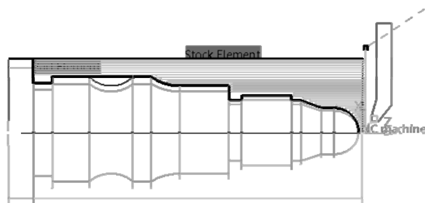


图 6-25　刀具路径轨迹（1）

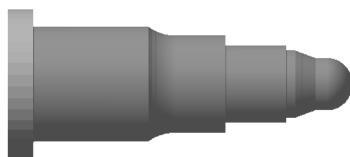


图 6-26　实体切削仿真（1）

4. **空槽加工**

在特征树中选择“Rough Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining

Operations”→“Recess Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Recess Turning operation 按钮，弹出“Recess Turning.1”对话框，如图 6-27 所示。

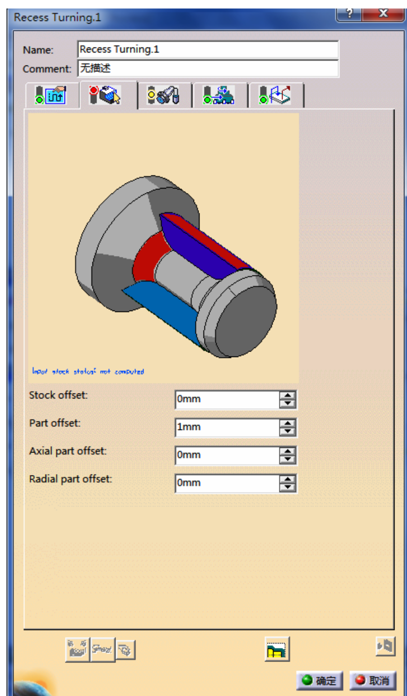


图 6-27 “Recess Turning.1”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义空槽轮廓。单击“Recess Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-28 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义毛坯边界（2）。单击对话框中的毛坯边界感应区，选择如图 6-29 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

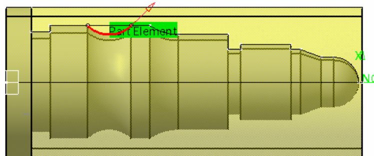


图 6-28 定义空槽轮廓

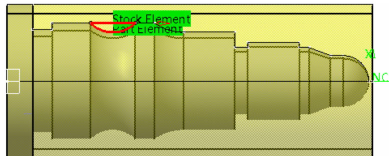


图 6-29 定义毛坯边界（2）

● 定义零件余量（2）。在“Part Offset”文本框中输入“1mm”，设置余量大小为“1mm”，如图 6-30 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Recess Turning.1”对话框中的图标，切换到刀具参数选项卡（2），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.2”，如图 6-31 所示。

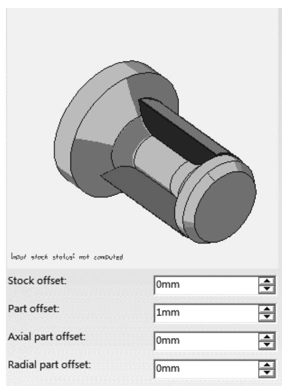


图 6-30　定义零件余量（2）

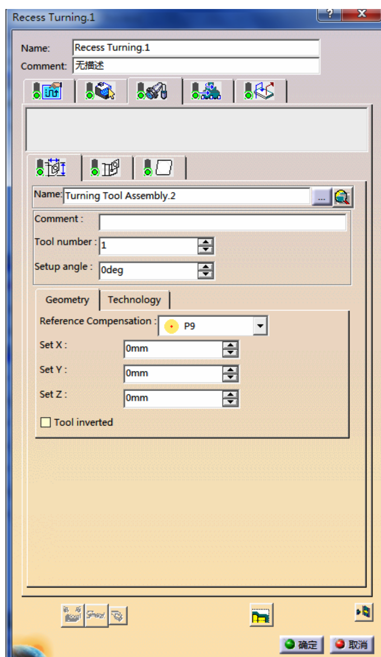


图 6-31　刀具参数选项卡（2）

● 单击刀具参数选项卡中的图标，切换到刀柄选项卡（2），设置刀具刀柄的参数，如图 6-32 所示。

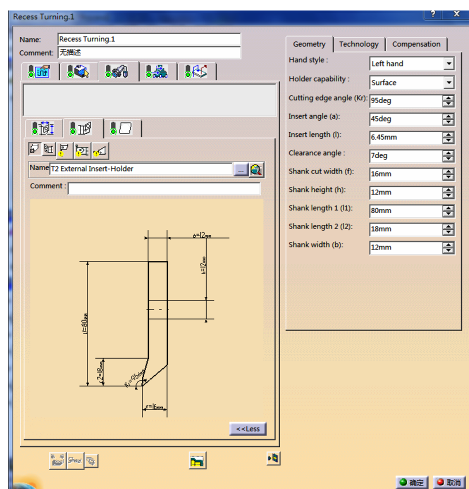


图 6-32　刀柄选项卡（2）

● 单击刀具参数选项卡中的![icon]，切换到刀片选项卡（2），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-33 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Rough Turning.1”对话框中的![icon]，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Machining”选项卡（2），在“Recessing mode”下拉列表中选择“One way”，在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Machining direction”下拉列表中选择“To head stock”，如图 6-34 所示。

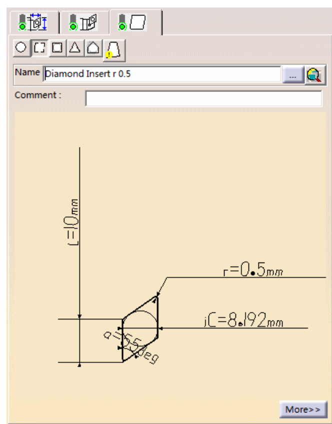


图 6-33 刀片选项卡（2）

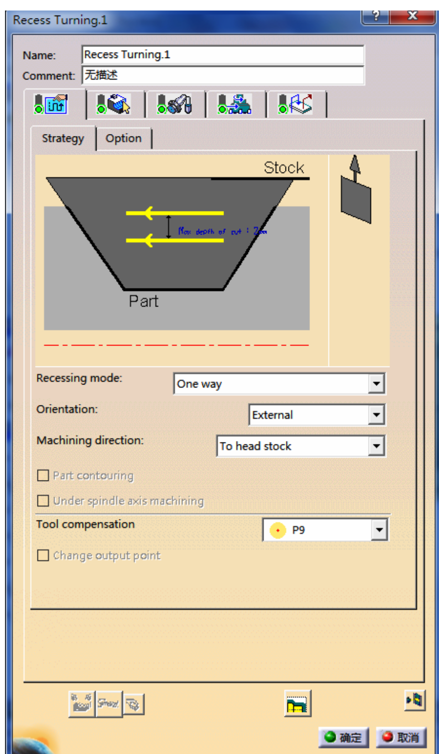


图 6-34 “Machining”选项卡（2）

● 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”对话框选项卡（2）中输入“1mm”，如图 6-35 所示。

● 单击“Option”选项卡（2），设置切入/切出参数如图 6-36 所示。

4）定义进给率。单击“Recess Turning.1”对话框中的![icon]，切换到进给率参数选项卡（2），如图 6-37 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Recess Turning.1”对话框中的![icon]，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

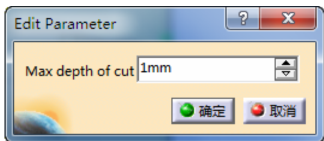


图 6-35　“Edit Parameter”选项卡（2）

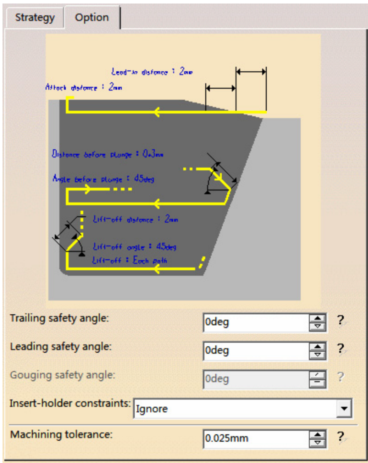


图 6-36　“Option”选项卡（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Approach”参数（2）如图 6-38 所示。

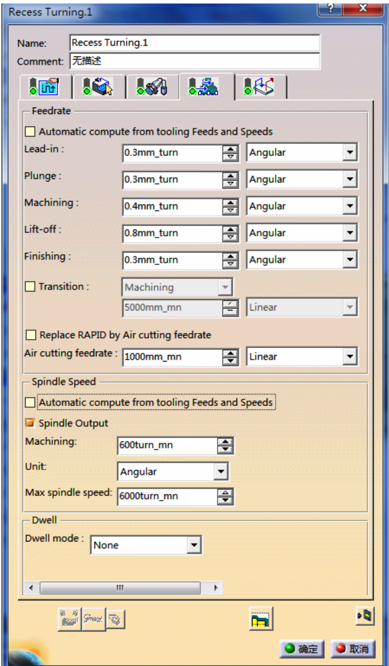


图 6-37　进给率参数选项卡（2）

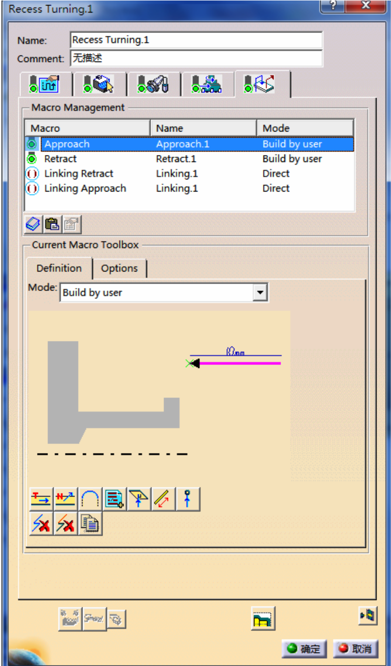


图 6-38　设置“Approach”参数（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置 Retract 参数（2）如图 6-39 所示。

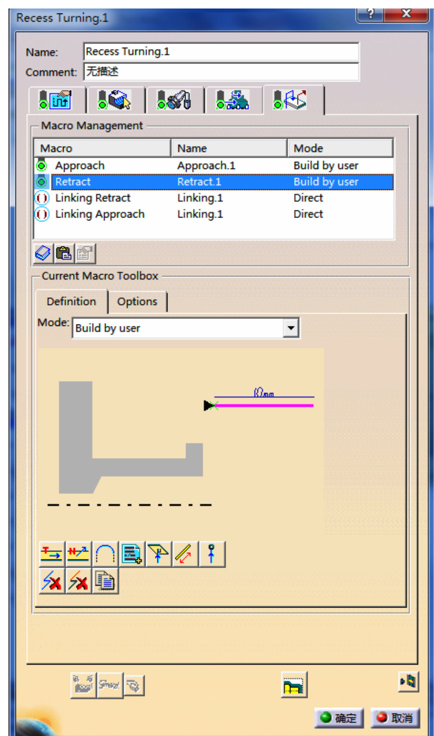


图 6-39　设置“Retract”参数（2）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Recess Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（2）如图 6-40 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（2）如图 6-41 所示。

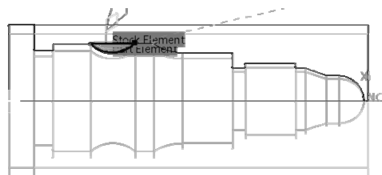


图 6-40　刀具路径轨迹（2）

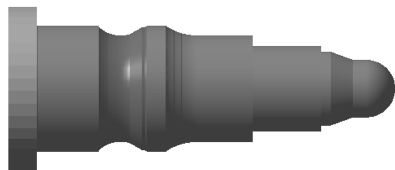


图 6-41　实体切削仿真（2）

5. 轮廓精车加工

在特征树中选择“Recess Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Profile Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Profile Finish Turning operation 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框（1），如图 6-42 所示。

1）设置几何参数

- 定义零件轮廓（2）。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-43 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

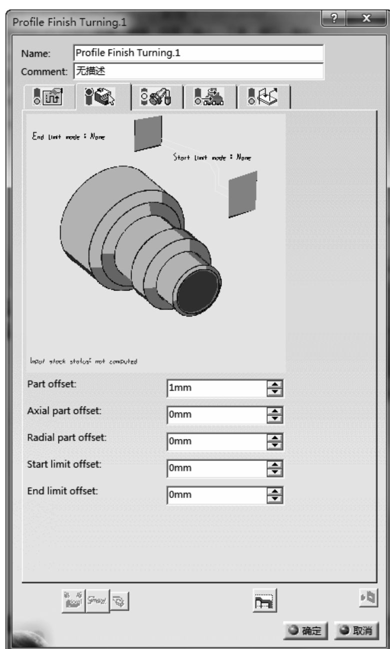


图 6-42　“Profile Finish Turning.1”对话框（1）

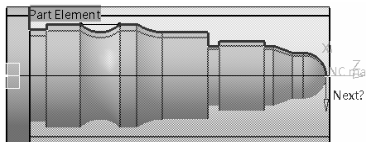


图 6-43　定义零件轮廓（2）

- 定义零件余量（3）。在“Part Offset”文本框中输入“0mm”，设置余量大小为“0mm”，如图 6-44 所示。

2）定义刀具参数。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（3），选择“Turning Tool Assembly.2”，如图 6-45 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 单击“General”选项卡（1），在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，取消“Recess machining”复选框，如图 6-46 所示。

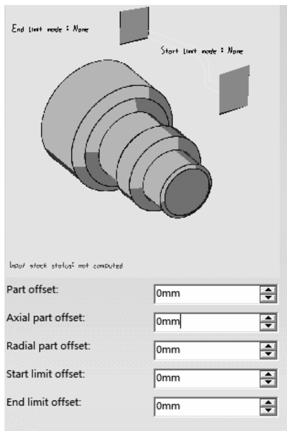


图 6-44　定义零件余量（3）

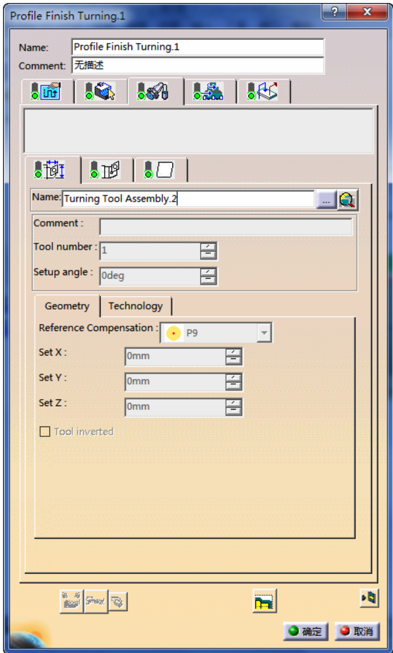


图 6-45　刀具参数选项卡（3）

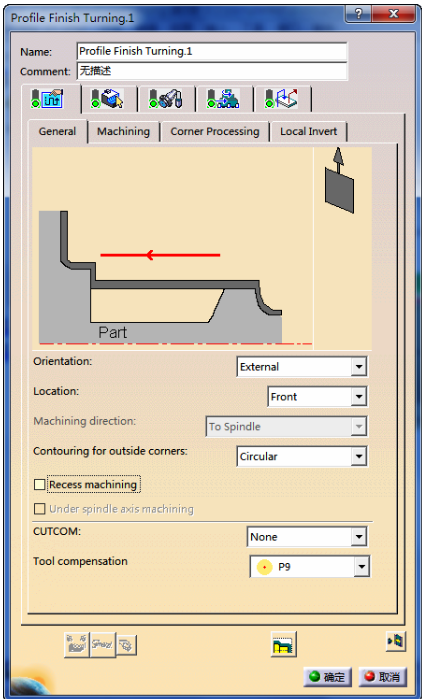


图 6-46　“General”选项卡（1）

- 单击“Machining”选项卡（3），设置切入/切出参数如图 6-47 所示。
- 单击“Corner Processing”选项卡（1），设置拐角处理参数如图 6-48 所示。

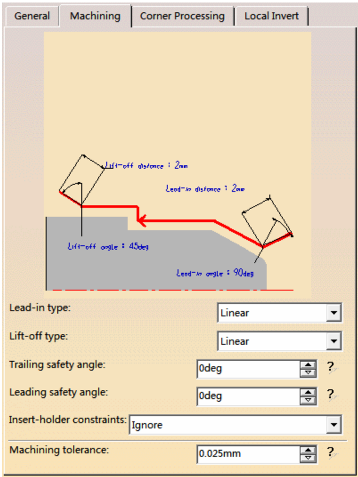


图 6-47　“Machining”选项卡（3）

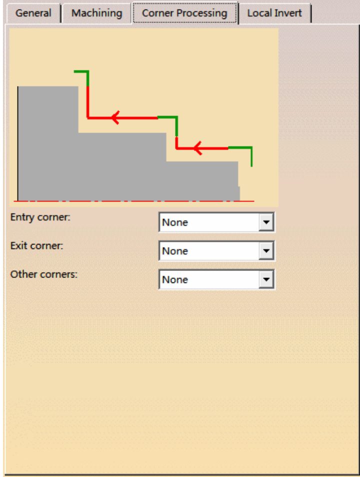


图 6-48　“Corner Processing”选项卡（1）

4）定义进给率。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），如图 6-49 所示。

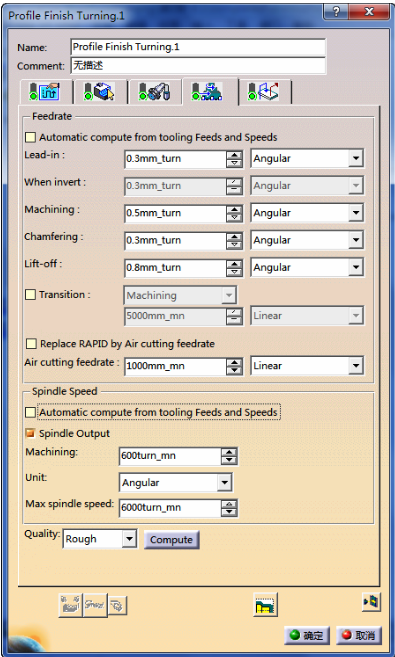


图 6-49　进给率参数选项卡（3）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

- 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Approach”参数（3）如图 6-50 所示。
- 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（3）如图 6-51 所示。

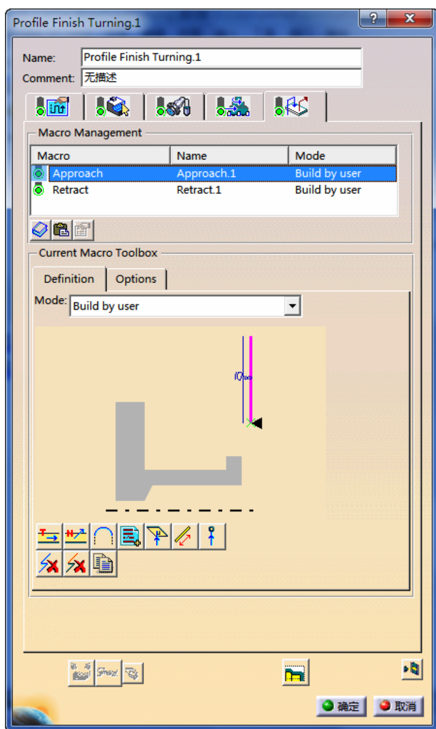


图 6-50　设置“Approach”参数（3）

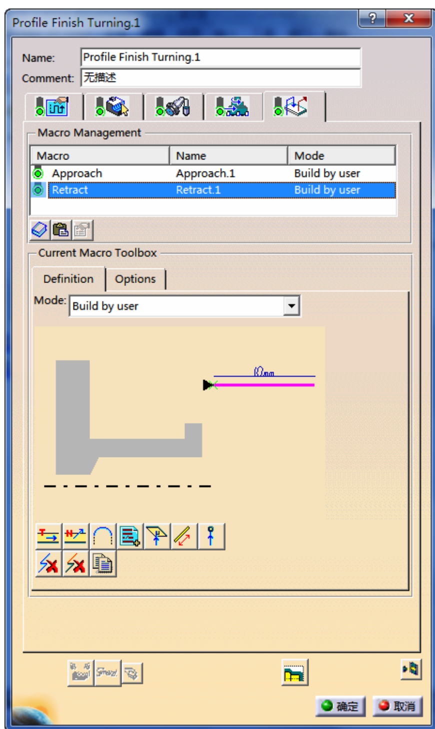


图 6-51　设置“Retract”参数（3）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

- 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（3）如图 6-52 所示。
- 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（3）如图 6-53 所示。

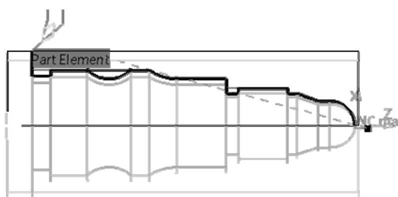


图 6-52　刀具路径轨迹（3）

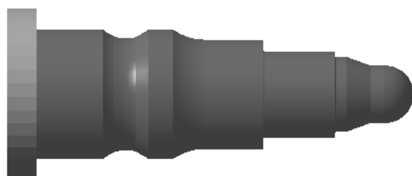


图 6-53　实体切削仿真（3）

6. 沟槽加工

在特征树中选择“Profile Finish Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Groove Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Groove Turning operation 按钮，弹出“Groove Turning.1”对话框（1），如图 6-54 所示。

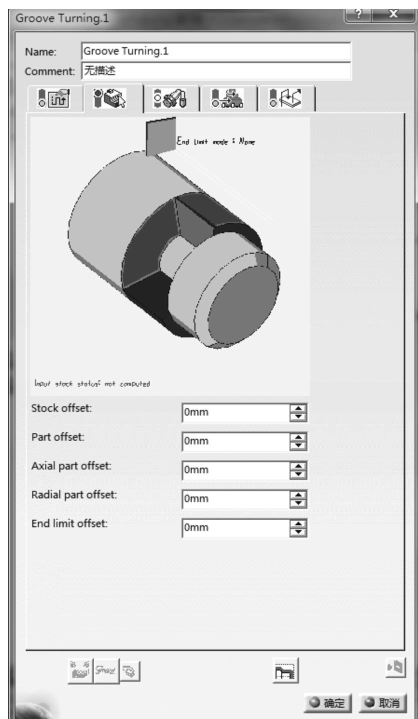


图 6-54　“Groove Turning.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（3）。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-55 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义毛坯边界（3）。单击对话框中毛坯边界感应区，选择如图 6-56 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

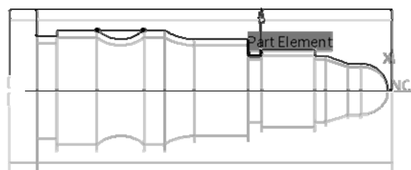


图 6-55 定义零件轮廓（3）

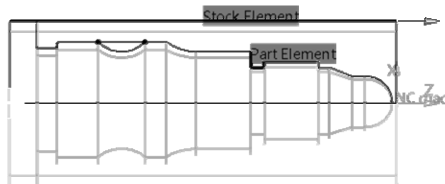


图 6-56 定义毛坯边界（3）

● 定义零件余量（4）。在“Part offset”文本框中输入“0mm”，设置余量大小为“0mm”，如图 6-57 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（4），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.3”，如图 6-58 所示。

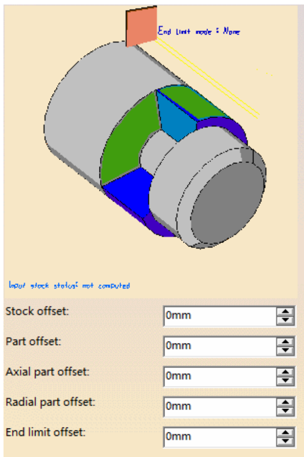


图 6-57 定义零件余量（4）

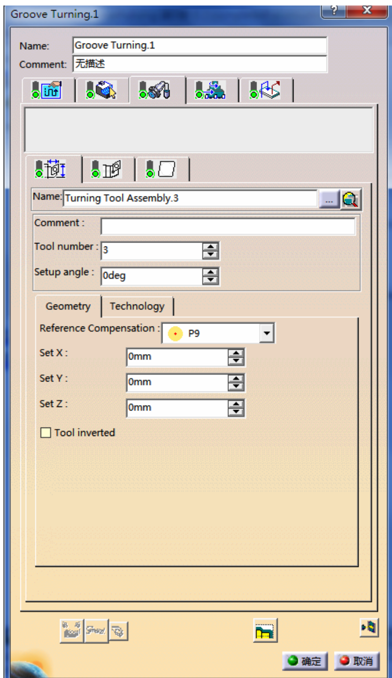


图 6-58 刀具参数选项卡（4）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（3），设置刀具刀柄的参数，如图 6-59 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（3），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-60 所示。

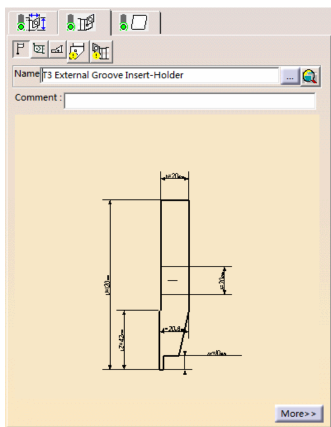


图 6-59　刀柄选项卡（3）

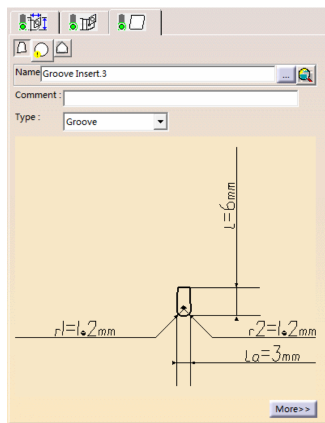


图 6-60　刀片选项卡（3）

3）定义刀具路径参数。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 单击“Strategy”选项卡（1），在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“First plunge position”下拉列表中选择“Right”，选中“Part contouring”复选框，如图 6-61 所示。
- 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（3）中输入“1mm”，如图 6-62 所示。

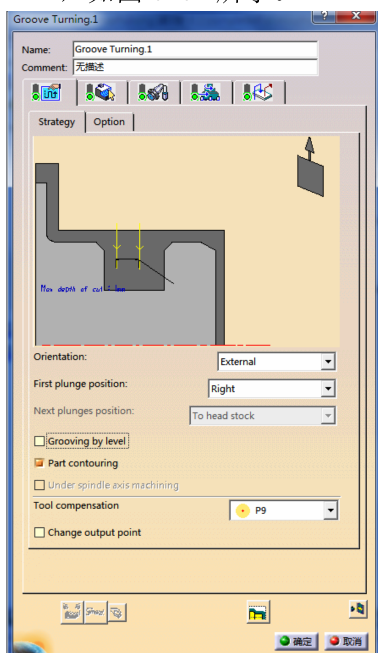


图 6-61　“Strategy”选项卡（1）

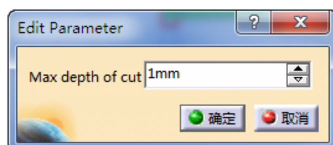


图 6-62　“Edit Parameter”选项卡（3）

● 单击“Option”选项卡（3），设置切入/切出参数，如图 6-63 所示。

4）定义进给率。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（4），如图 6-64 所示。

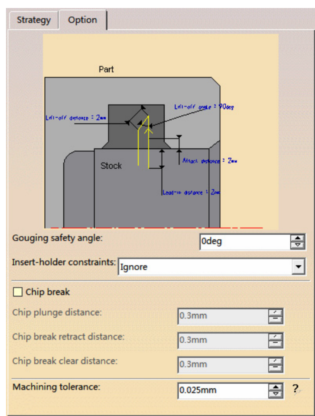


图 6-63 “Option”选项卡（3）

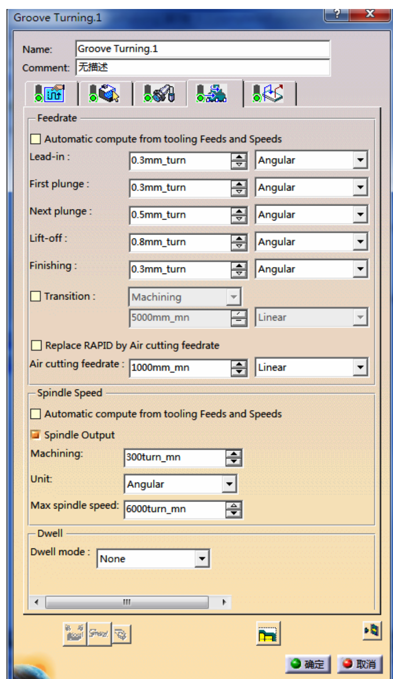


图 6-64 进给率参数选项卡（4）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Approach”参数（4）如图 6-65 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Retract”参数（4）如图 6-66 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Groove Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（4）如图 6-67 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay

按钮▶，显示实体切削仿真（4）如图 6-68 所示。

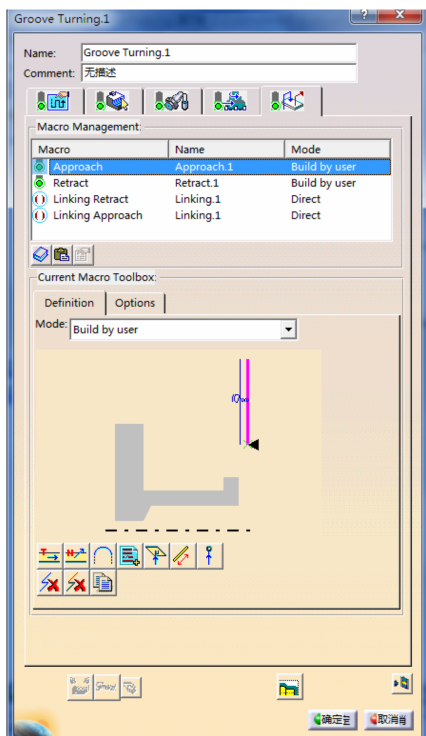


图 6-65　设置“Approach”参数（4）

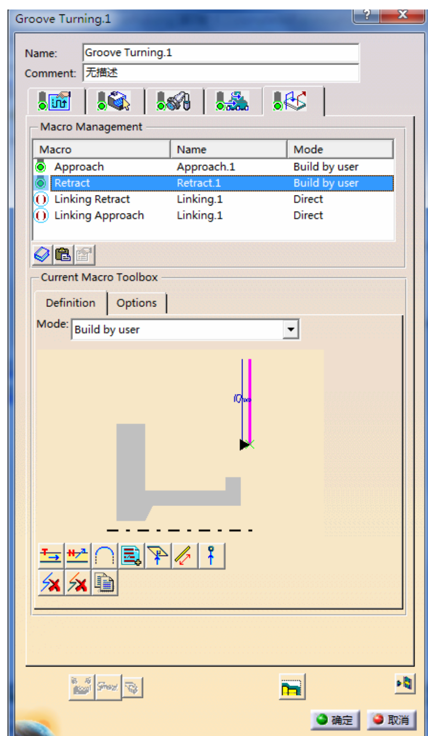


图 6-66　设置“Retract”参数（4）

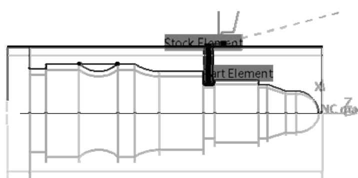


图 6-67　刀具路径轨迹（4）

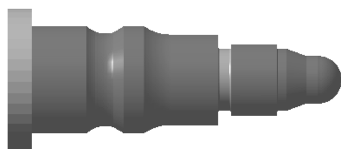


图 6-68　实体切削仿真（4）

7）重复上述步骤，切削另外一个沟槽，刀具路径轨迹（5）如图 6-69 所示。

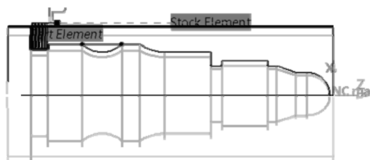


图 6-69　刀具路径轨迹（5）

7. 外螺纹加工

在特征树中选择“Groove Turning.2”，选择下拉菜单“插入”→“Machining

Operations”→“Thread Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Thread Turning operation 按钮，弹出“Thread Turning.1”对话框（1），如图 6-70 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（4）。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-71 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

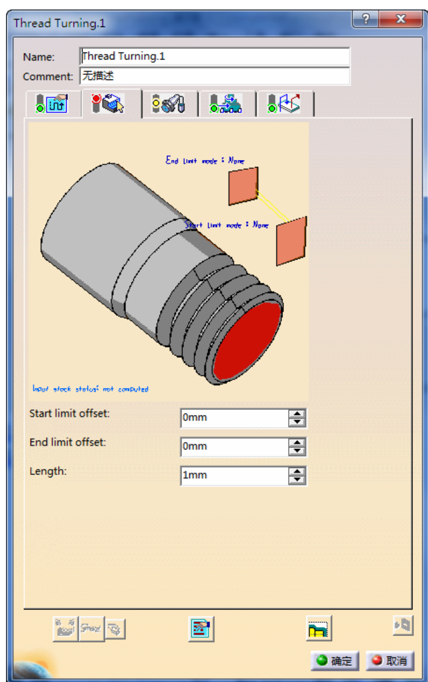


图 6-70 “Thread Turning.1”对话框（1）

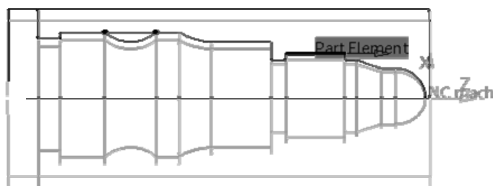


图 6-71 定义零件轮廓（4）

● 定义螺纹起点（1）。右键单击“Start limit mode”，在系统弹出的对话框中选择“On”命令，激活螺纹起点感应区，单击起始极限元素感应区，选择如图 6-72 所示直线，在空白处双击鼠标左键返回。

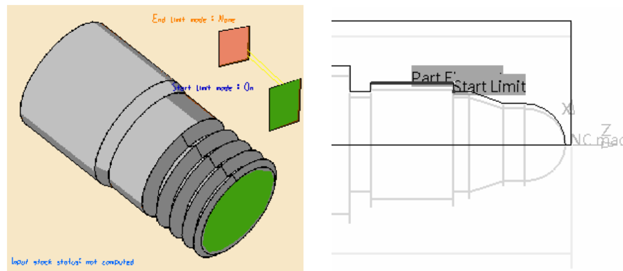


图 6-72 定义螺纹起点（1）

● 定义螺纹终点（1）。右键单击“End limit mode”，在系统弹出的对话框中选择“On”命令，激活螺纹终点感应区，单击终止极限元素感应区，选择如图 6-73 所示直线，在空白处双击鼠标左键返回。

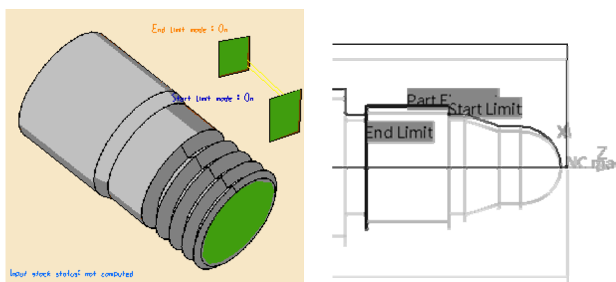


图 6-73　定义螺纹终点（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（5），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.4”，如图 6-74 所示。

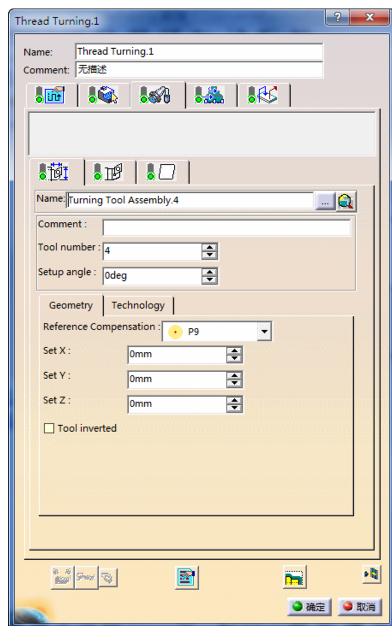


图 6-74　刀具参数选项卡（5）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（4），设置刀柄的参数，如图 6-75 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（4），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-76 所示。

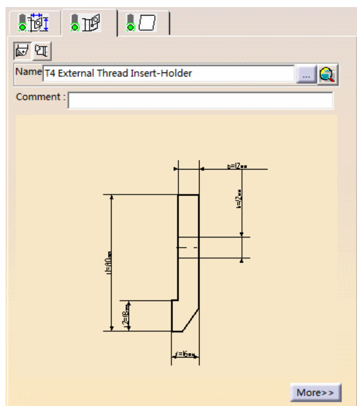


图 6-75　刀柄选项卡（4）

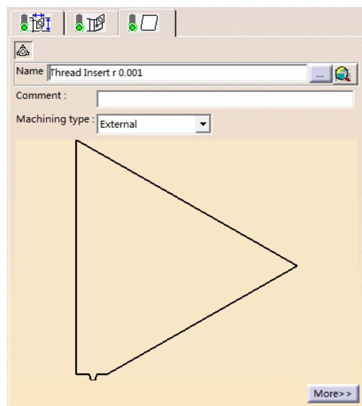


图 6-76　刀片选项卡（4）

3）定义刀具路径参数。单击“Thread Turning.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Thread”选项卡（1），在“Profile”下拉列表中选择“ISO”，在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，其他参数如图 6-77 所示。

● 双击“Pitch”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（4）中输入“2” mm，如图 6-78 所示。

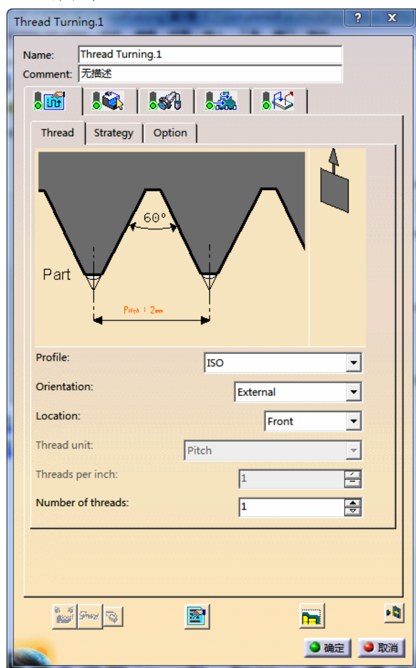


图 6-77　“Thread”选项卡（1）

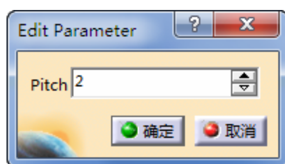


图 6-78　“Edit Parameter”选项卡（4）

● 单击“Strategy”选项卡（2），设置相关参数如图 6-79 所示。单击“Option”选项卡（4），设置切入/切出参数如图 6-80 所示。

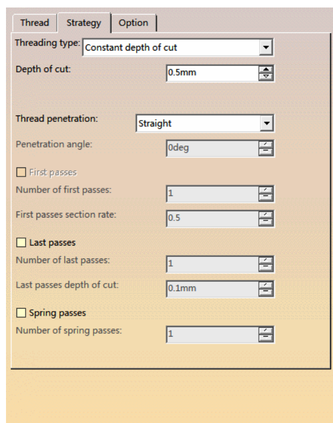


图 6-79 “Strategy”选项卡（2）

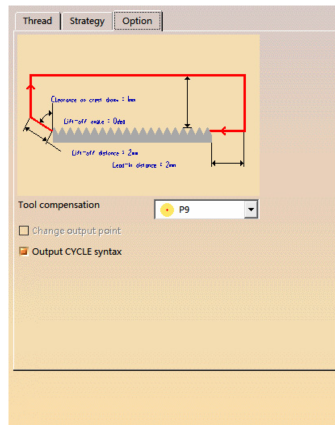


图 6-80 “Option”选项卡（4）

4）定义进给率。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（5），如图 6-81 所示。

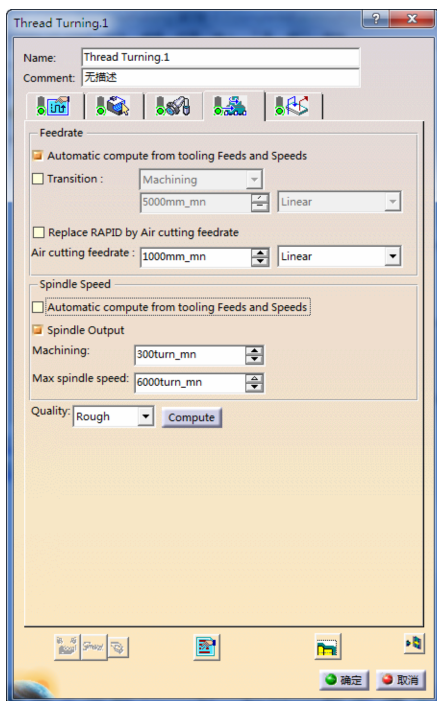


图 6-81 进给率参数选项卡（5）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Approach”参数（5）如图 6-82 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（5）如图 6-83 所示。

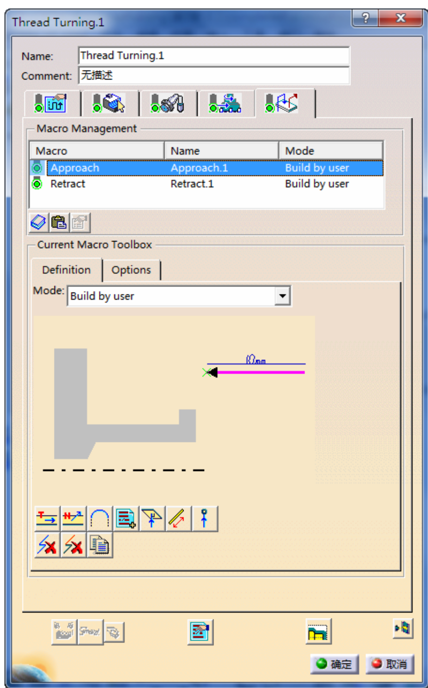


图 6-82 设置“Approach”参数（5）

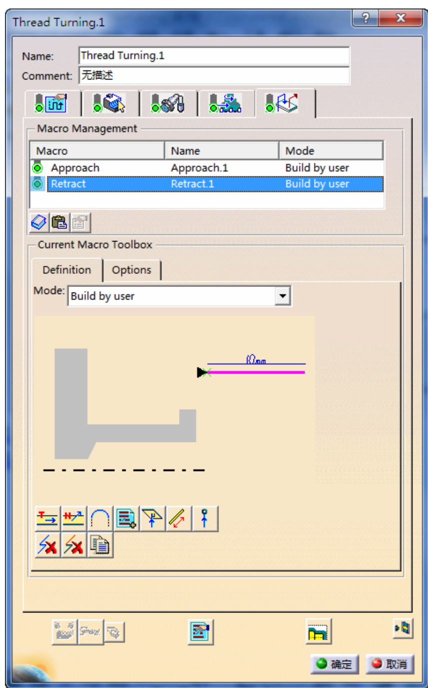


图 6-83 设置“Retract”参数（5）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Thread Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Thread Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（6）如图 6-84 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（5）如图 6-85 所示。

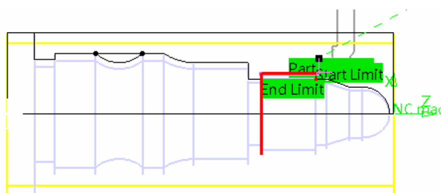


图 6-84　刀具路径轨迹（6）

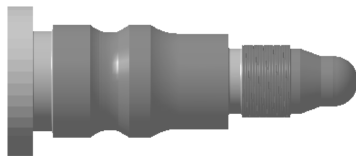


图 6-85　实体切削仿真（5）

7）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 6 章\6.1\completed\qiutouzhou.CATProcess）。

6.1.5　实例总结

本节通过球头轴为例，讲解了 CATIA V5 R20 球头轴车削数控加工的一般流程和具体步骤，读者在学习过程中需要注意以下几点：

1）外圆车削数控加工一般流程为：“零件操作”→“粗车”→“空槽”→“轮廓精车”→“沟槽”→“外螺纹”。

2）外圆粗车和精车进刀、退刀时，进刀“Approach”一般选择“Add Horizontal motion”；退刀“Retract”一般选择“Add Tangent motion”。

6.2　提高实例——螺纹套筒数控车削加工

6.2.1　实例描述

螺纹套筒零件如图 6-86 所示。其轮廓面是回转面，需要加工的面是内圆锥面、退刀槽、内螺纹。

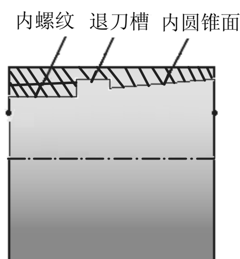


图 6-86　螺纹套筒

6.2.2　加工方法分析

根据车削数控加工工艺的要求，安排螺纹套筒加工如下：

1）首先进行钻孔加工，为镗孔加工做好准备。

2）按照先粗后精的加工原则，首先通过粗镗去除大量的加工余量，然后通过精镗达到图样上的精度要求。

3）为了加工螺纹，需要采用“车槽”加工出退刀槽。

4）按照先主后次的加工原则，在主要轮廓表面达到一定的精度后，进行螺纹车削。

6.2.3 加工流程与所用知识点

螺纹套筒数控加工的设计流程和知识点见表 6-2。

表 6-2 螺纹套筒数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知 识 点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	
Step 4：钻孔加工	钻孔加工，为镗削加工做好准备	
Step 5：粗镗内孔加工	粗镗内孔加工用于移除大量材料，一般加工精度比较低	

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 6：精镗内孔加工	精镗将沿着已定义的边界创建一个或多个精加工刀具路径或轮廓加工刀具路径	
Step 7：沟槽加工	沟槽加工主要用于加工棒料的凹槽部分，刀具切割毛坯时垂直于回转体轴线进行切削，所用刀具的两侧是切削刃	
Step 8：内螺纹加工	加工内螺纹	

6.2.4　具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“luowentao. catpart”（随书光盘：\第 6 章\6.2\ uncompleted\ luowentao. catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（2）如图 6-87 所示。

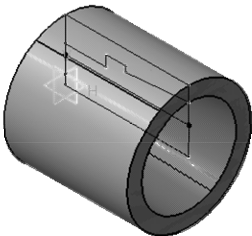


图 6-87　打开的模型文件（2）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Lathe Machining”命令，进入车削加工环境。

2. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（2），如图 6-88 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出

“Machine Editor”对话框（2），选择“Horizontal Lathe Machine.1”，如图 6-89 所示。

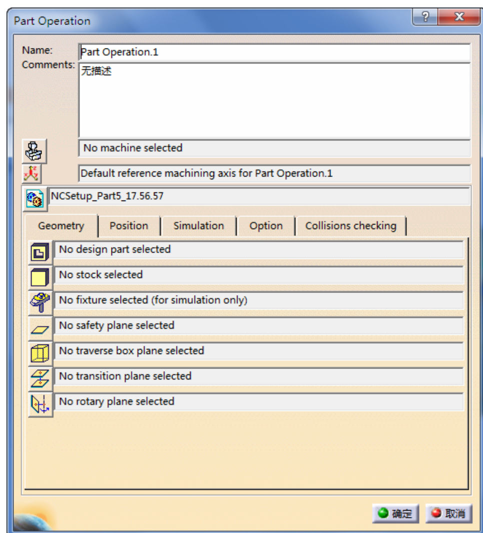


图 6-88 “Part Operation”对话框（2）

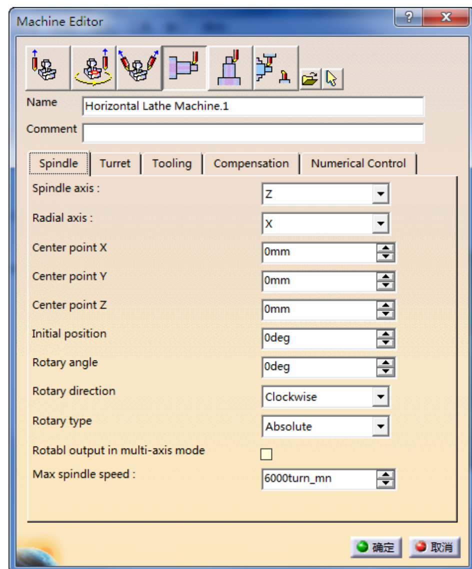


图 6-89 “Machine Editor”对话框（2）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2），如图 6-90 所示。

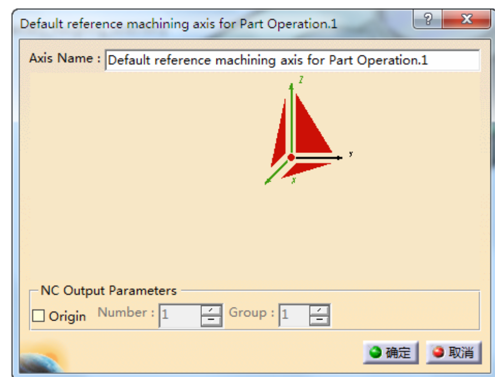


图 6-90 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称如图 6-91 所示，单击红色坐标原点，选择如图 6-91 所示的点，系统自动以该点作为坐标原点，定

义加工坐标系（2）如图 6-91 所示。

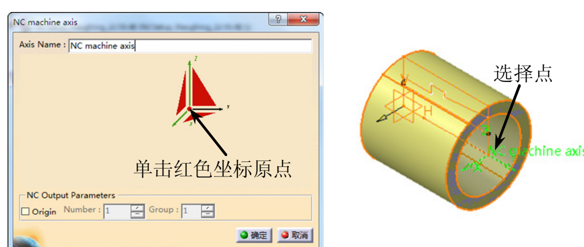


图 6-91　定义加工坐标系（2）

● 单击对话框中的 *Z* 轴，系统弹出“Direction Z”对话框，*Z* 轴方向设定（2）如图 6-92 所示。单击“确定”按钮完成设定。

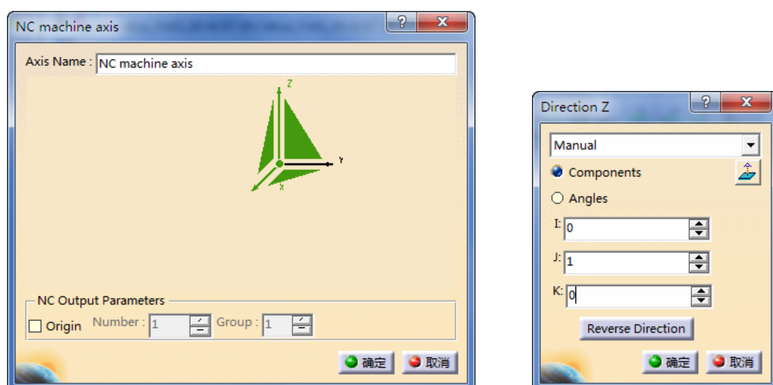


图 6-92　*Z* 轴方向设定（2）

● 单击对话框中的 *X* 轴，系统弹出“Direction X”对话框，*X* 轴方向设定（2）如图 6-93 所示。单击“确定”按钮完成设定。

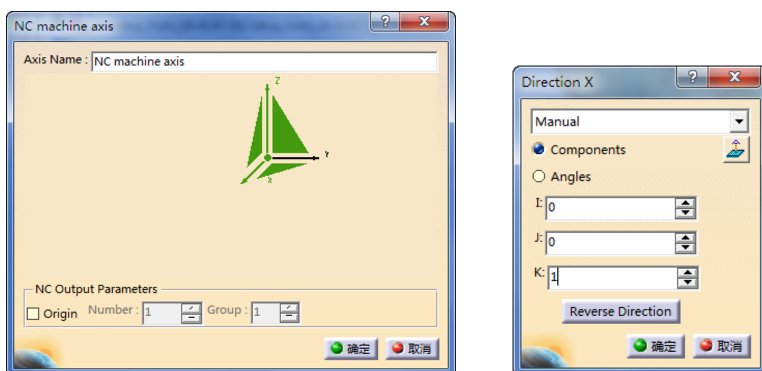


图 6-93　*X* 轴方向设定（2）

4）定义目标加工零件（2）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 6-94 所示的实体作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（2）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 6-95 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

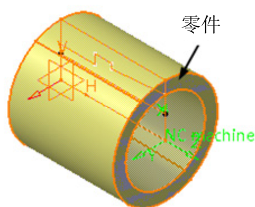


图 6-94　定义目标加工零件（2）

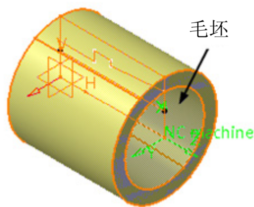


图 6-95　定义毛坯零件（2）

6）定义换刀点（2）。选择“Part Operation.1”对话框中的“Position”选项卡，然后设置相关参数如图 6-96 所示。单击“Part Operation.1”对话框完成定义换刀点操作。

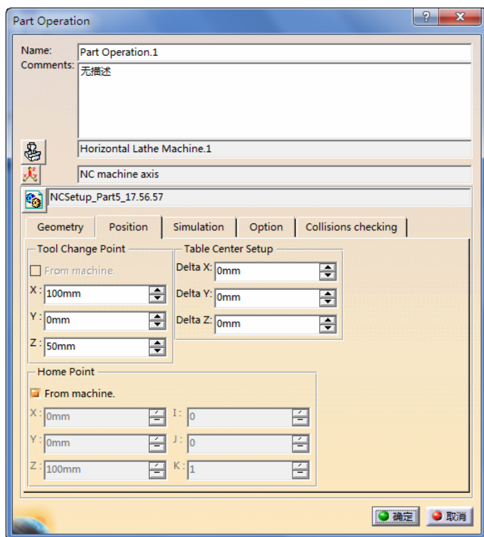


图 6-96　定义换刀点（2）

3. 钻孔加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→

“Machining Operations”→“Axial Machining Operations”→“Drilling”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Drilling 按钮，弹出“Drilling.1”对话框，如图 6-97 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Drilling.1”对话框中的“Extension：Blind”，将其改变成“Extension：Through”，如图 6-98 所示。

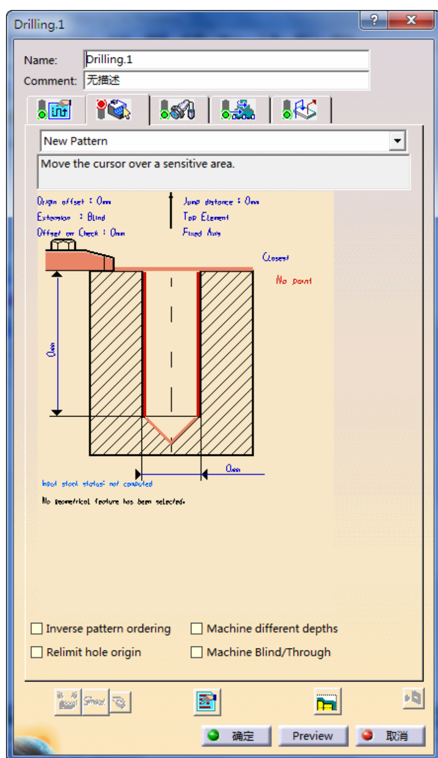


图 6-97 “Drilling.1”对话框

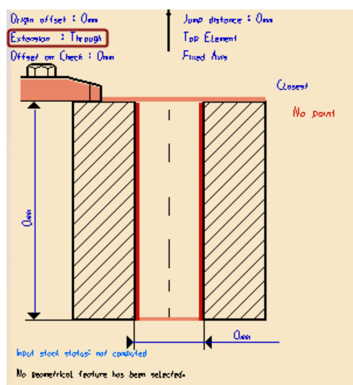


图 6-98　改变孔类型

● 定义孔。单击对话框中孔侧壁感应区，系统弹出“Pattern Selection”对话框，在图形区选择如图 6-99 所示的圆作为孔位置，单击“确定”按钮返回。

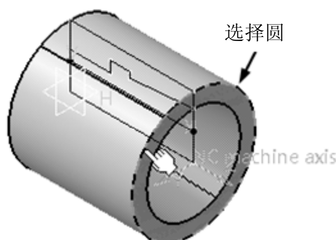
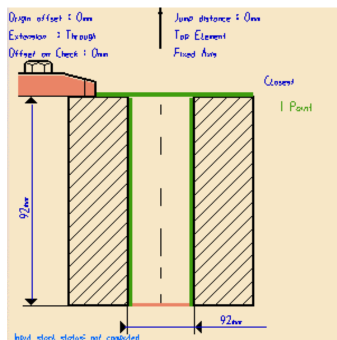


图 6-99　选择圆作为孔位置

● 定义孔上表面。单击对话框中孔上表面感应区，选择如图 6-100 所示的表面作为孔上表面位置，在空白处双击鼠标左键返回。



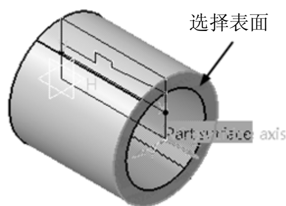
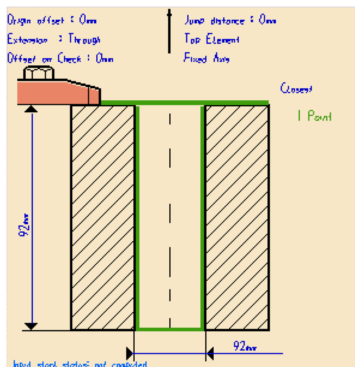


图 6-100 定义孔上表面

● 定义孔底面。单击对话框中孔底面感应区，选择如图 6-101 所示的表面作为孔底面位置，在空白处双击鼠标左键返回。



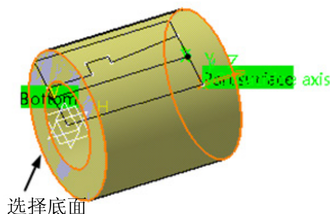


图 6-101 定义孔底面

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Drilling.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡，在“Name”文本框中输入“T1 Drill D 40”，如图 6-102 所示。

● 单击“More”按钮，在“Geometry”选项卡中设置刀具参数，如图 6-103 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Drilling.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，在“Breakthrough（B）”文本框中输入“20mm”，其他参数如图 6-104 所示。

4）定义进给率。单击“Drilling.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（6），如图 6-105 所示。

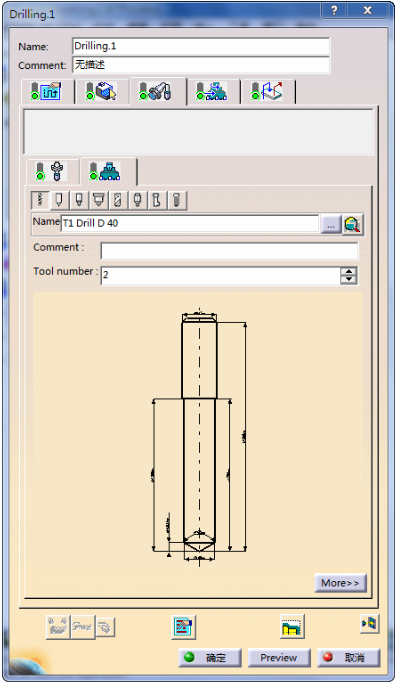


图 6-102　刀具参数选项卡

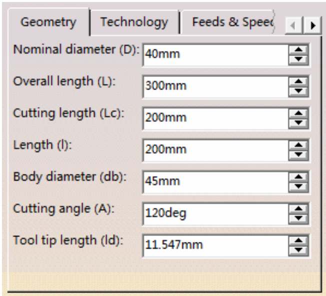


图 6-103　“Geometry”选项卡

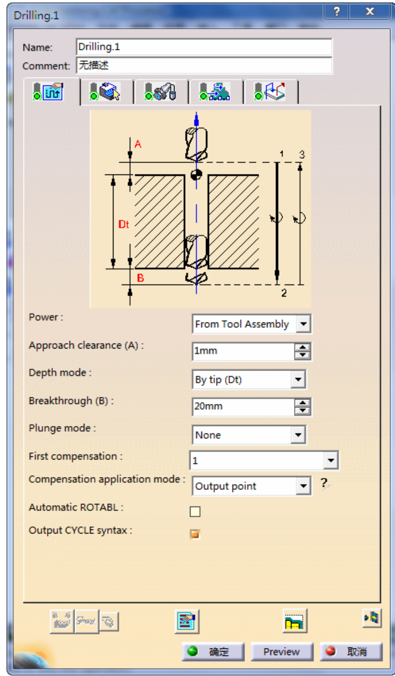


图 6-104　刀具路径参数选项卡

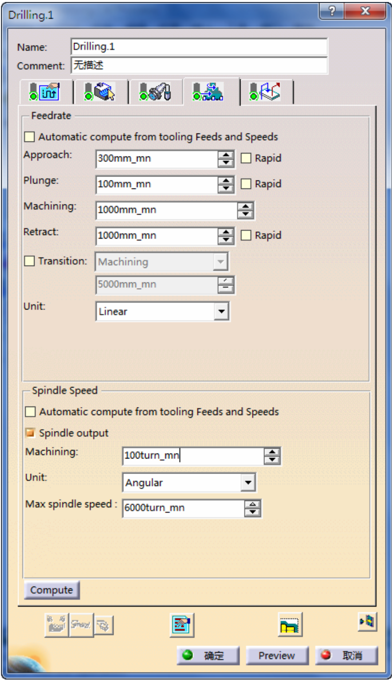


图 6-105　进给率参数选项卡（6）

5）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Drilling.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Drilling.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（7）如图 6-106 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（6）如图 6-107 所示。

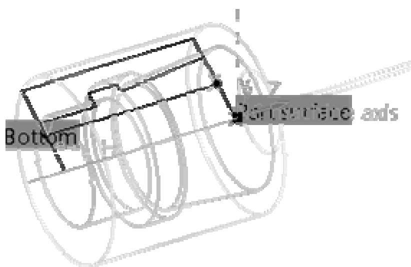


图 6-106 刀具路径轨迹（7）

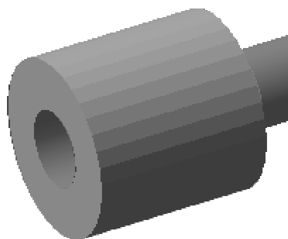


图 6-107 实体切削仿真（6）

4. 粗镗内孔加工

在特征树中选择“Drilling.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Rough Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Rough Turning operation 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框（2），如图 6-108 所示。

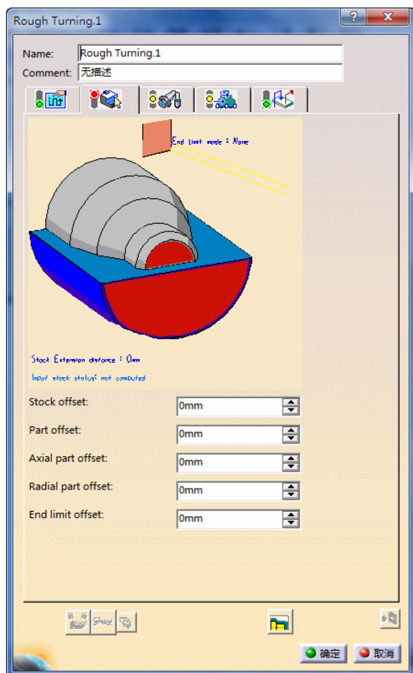


图 6-108 “Rough Turning.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（5）。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-109 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义毛坯边界（4）。单击对话框中的毛坯边界感应区，选择如图 6-110 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

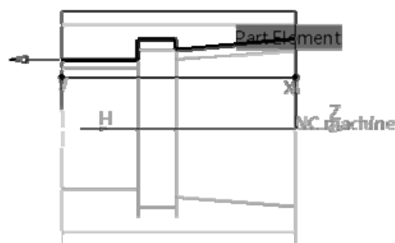


图 6-109　定义零件轮廓（5）

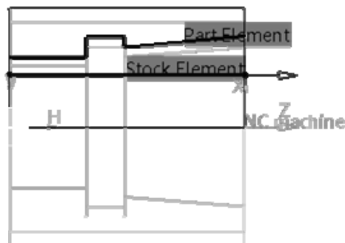


图 6-110　定义毛坯边界（4）

● 定义零件余量（5）。在“Part Offset”文本框中输入“1mm”，如图 6-111 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（6），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.1”，如图 6-112 所示。

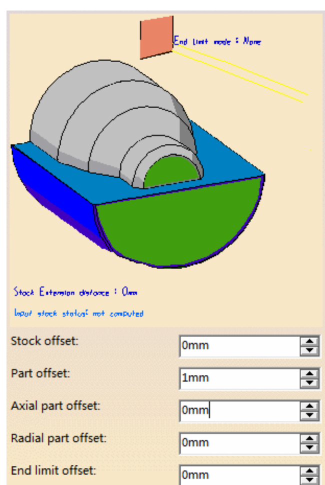


图 6-111　定义零件余量（5）

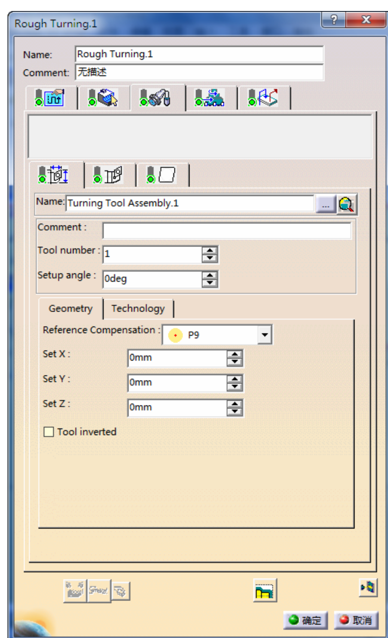


图 6-112　刀具参数选项卡（6）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（5），设置刀具刀柄的参数，如图 6-113 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（5），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-114 所示。

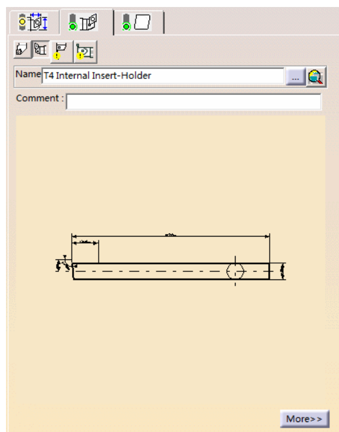


图 6-113 刀柄选项卡（5）

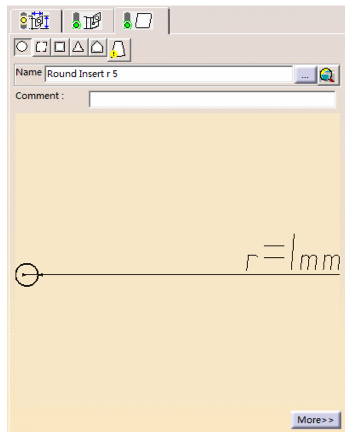


图 6-114 刀片选项卡（5）

3）定义刀具路径参数。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Machining”选项卡（4），在“Roughing mode”下拉列表中选择“Longitudinal”，在“Orientation”下拉列表中选择“Internal”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，在“Part contouring”下拉列表中选择“Last path only”，如图 6-115 所示。

● 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（5）中输入“1mm”，如图 6-116 所示。

● 单击“Option”选项卡（5），设置切入/切出参数如图 6-117 所示。

4）定义进给率。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（7），如图 6-118 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，“Approach”其他参数（6）如图 6-119 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build

by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Retract”参数（6）如图 6-120 所示。

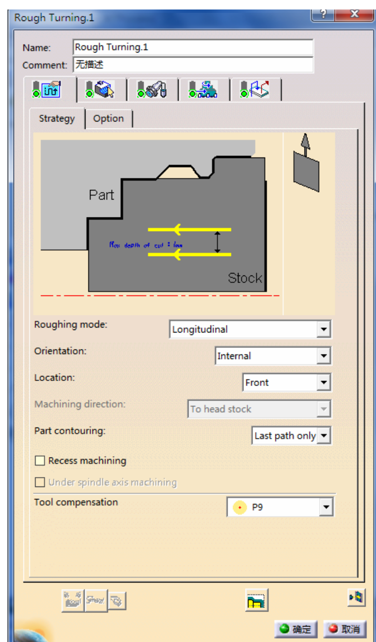


图 6-115　“Machining”选项卡（4）

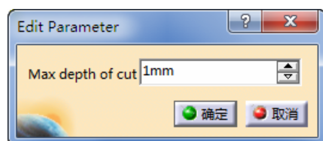


图 6-116　“Edit Parameter”选项卡（5）

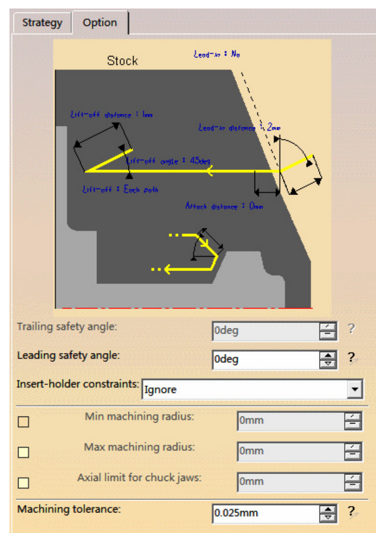


图 6-117　“Option”选项卡（5）

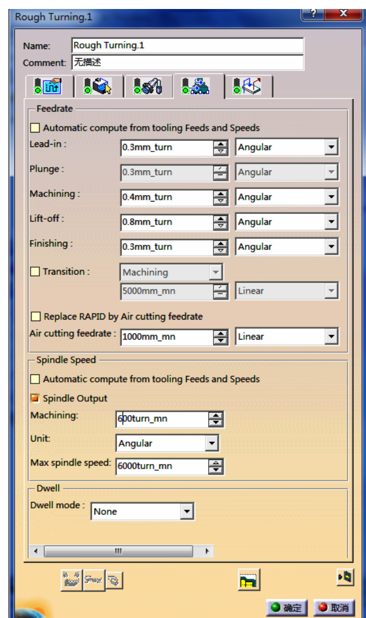


图 6-118　进给率参数选项卡（7）

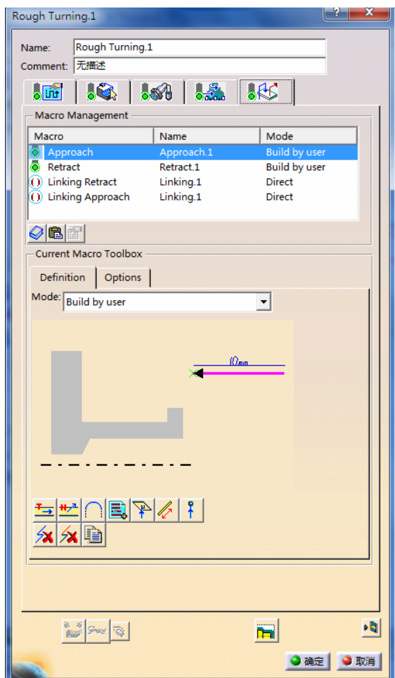


图 6-119　设置“Approach”参数（6）

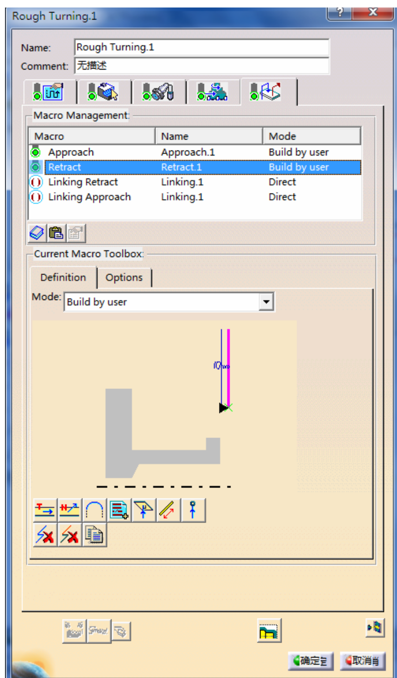


图 6-120　设置“Retract”参数（6）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（8）如图 6-121 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（7）如图 6-122 所示。

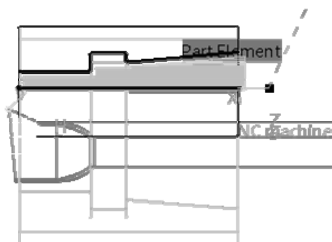


图 6-121　刀具路径轨迹（8）

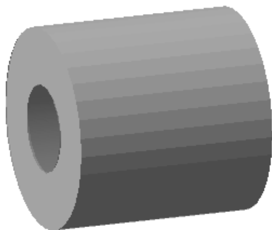


图 6-122　实体切削仿真（7）

5. ***精镗内孔加工***

在特征树中选择“Rough Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Profile Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Profile Finish Turning Operation 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框（2），如图 6-123 所示。

1）设置几何参数

● 定义零件轮廓（6）。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-124 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

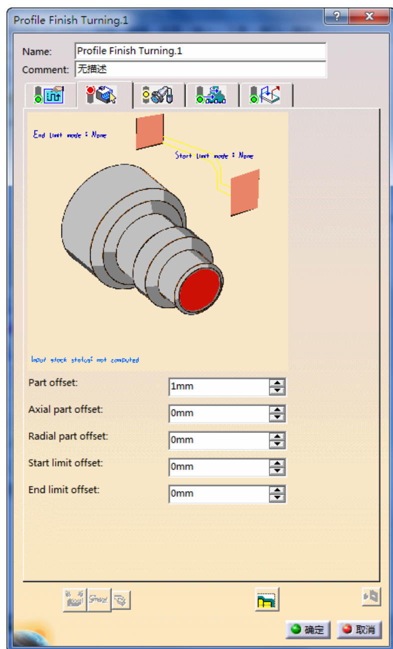


图 6-123　“Profile Finish Turning.1”对话框（2）

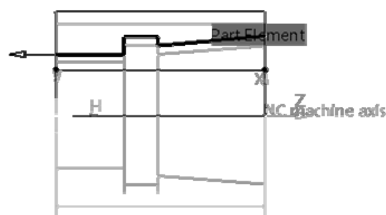


图 6-124　定义零件轮廓（6）

● 定义零件余量（6）。在“Part Offset”文本框中输入“0mm”，设置余量大小为“0mm”，如图 6-125 所示。

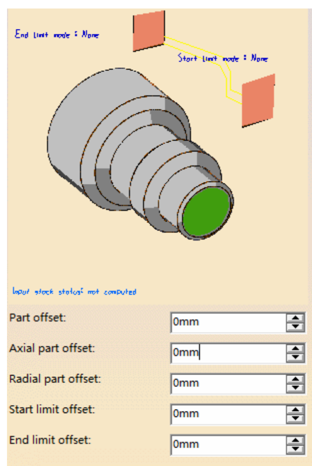


图 6-125　定义零件余量（6）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（7），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.2”，如图 6-126 所示。

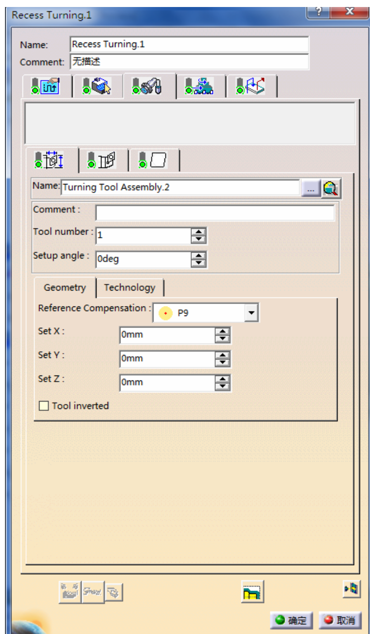


图 6-126　刀具参数选项卡（7）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（6），设置刀具刀柄的参数，如图 6-127 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（6），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-128 所示。

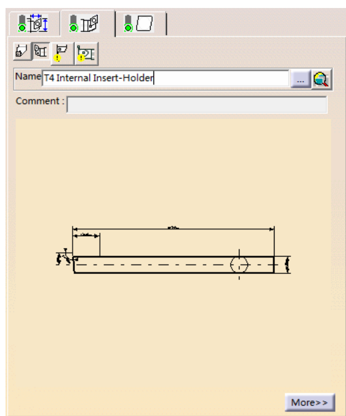


图 6-127　刀柄选项卡（6）

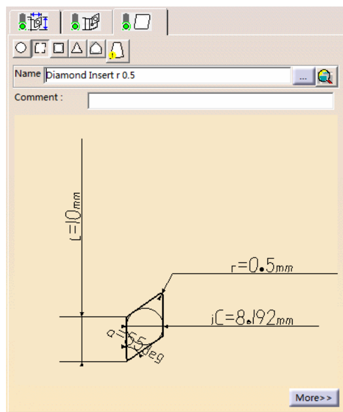


图 6-128　刀片选项卡（6）

3）定义刀具路径参数。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“General”选项卡（2），在“Orientation”下拉列表中选择“Internal”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，取消“Recess machining”复选框，如图 6-129 所示。

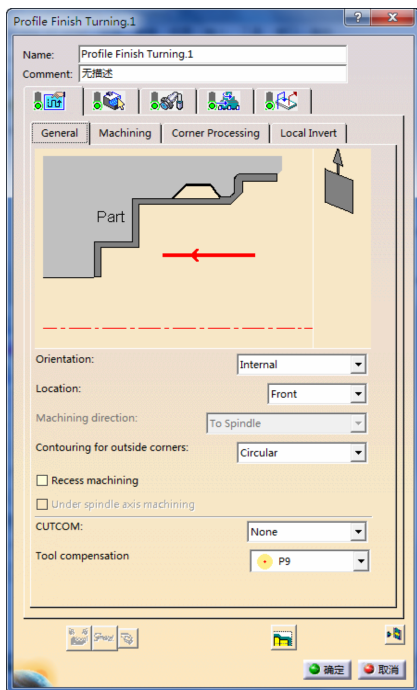


图 6-129　“General”选项卡（2）

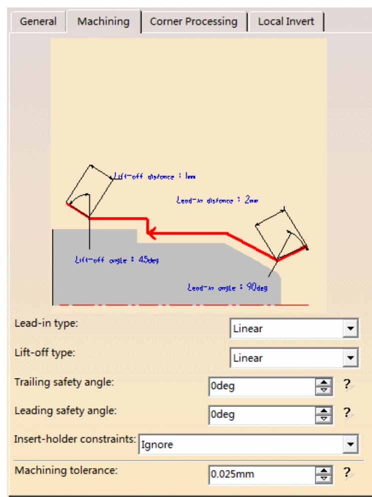


图 6-130　“Machining”选项卡（5）

● 单击“Machining”选项卡（5），设置切入/切出参数如图 6-130 所示。

● 单击“Corner Processing”选项卡（2），设置拐角处理参数如图 6-131 所示。

4）定义进给率。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（8），如图 6-132 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Approach”参数（7）如图 6-133 所示。

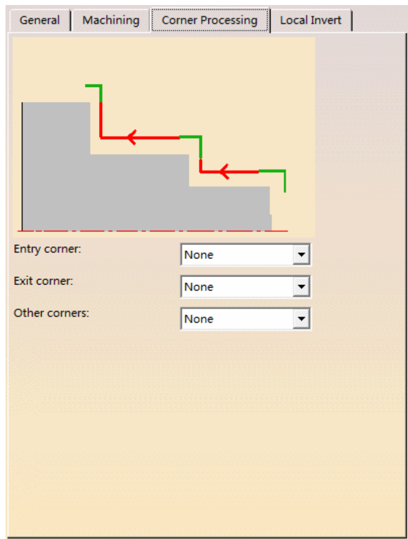


图 6-131 “Corner Processing”选项卡（2）

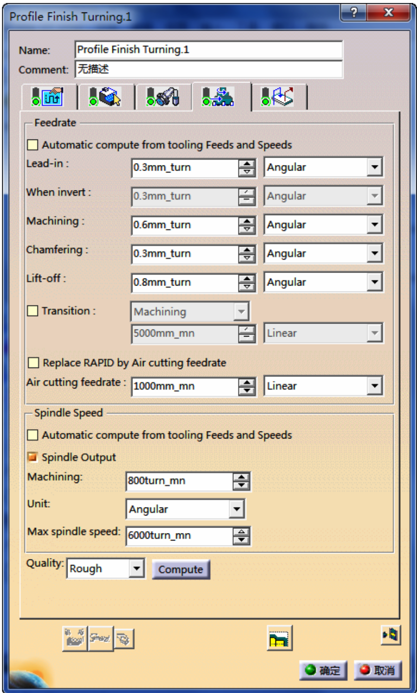


图 6-132 进给率参数选项卡（8）

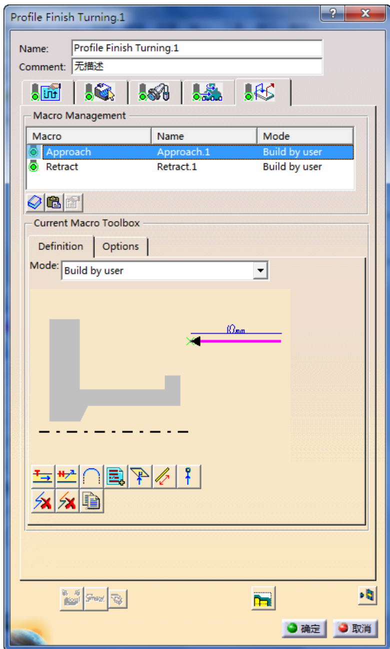


图 6-133 设置“Approach”参数（7）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（7）如图 6-134 所示。

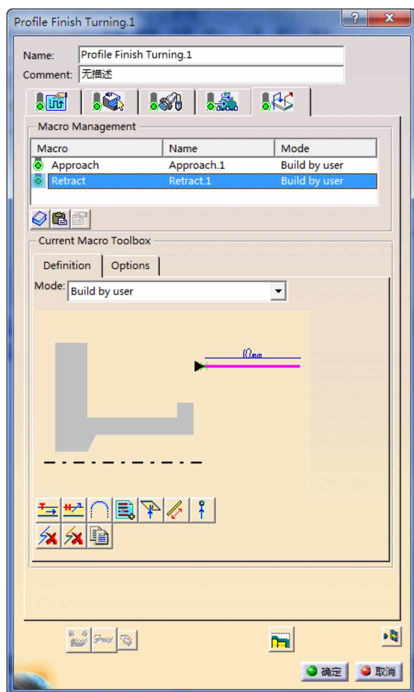


图 6-134　设置“Retract”参数（7）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（9）如图 6-135 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（8）如图 6-136 所示。

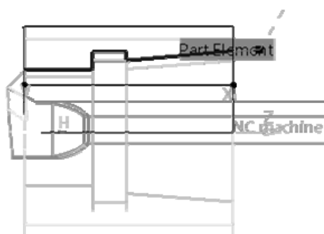


图 6-135　刀具路径轨迹（9）

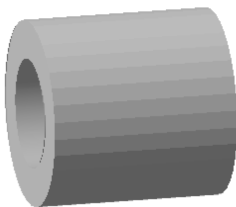


图 6-136　实体切削仿真（8）

6. **沟槽加工**

在特征树中选择“Profile Finish Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Groove Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Groove Turning operation 按钮，弹出“Groove Turning.1”对话框（2），如图 6-137 所示。

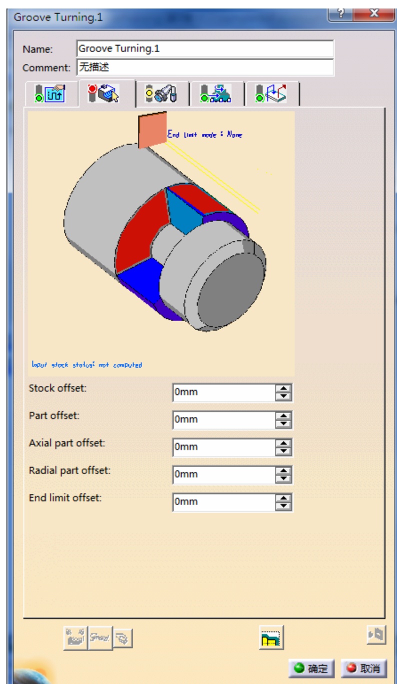


图 6-137 “Groove Turning.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（7）。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-138 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义毛坯边界（5）。单击对话框中毛坯边界感应区，选择如图 6-139 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义零件余量（7）。在“Part Offset”文本框中输入“0mm”，设置余量大小为“0mm”，如图 6-140 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（8），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.3”，如图 6-141 所示。

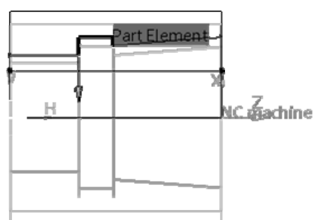


图 6-138　定义零件轮廓（7）

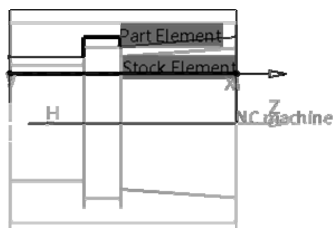


图 6-139　定义毛坯边界（5）

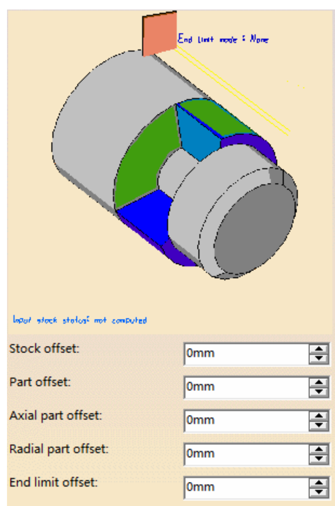


图 6-140　定义零件余量（7）

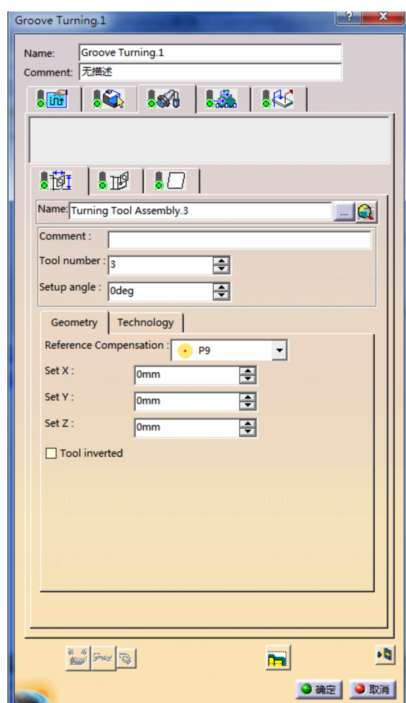


图 6-141　刀具参数选项卡（8）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（7），设置刀具刀柄的参数，如图 6-142 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（7），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-143 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Strategy”选项卡（3），在“Orientation”下拉列表中选择“Internal”，在“First plunge position”下拉列表中选择“Right”，选中“Part contouring”复选框，如图 6-144 所示。

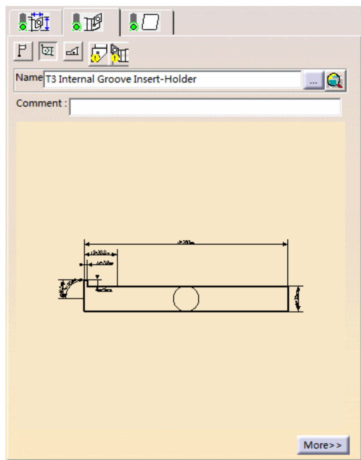


图 6-142　刀柄选项卡（7）

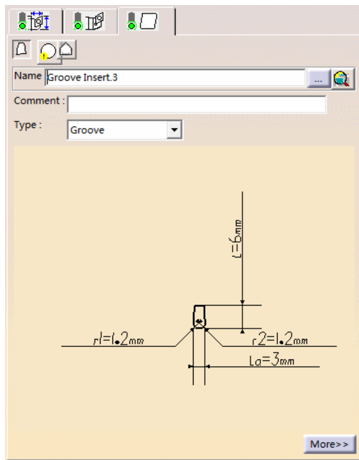


图 6-143　刀片选项卡（7）

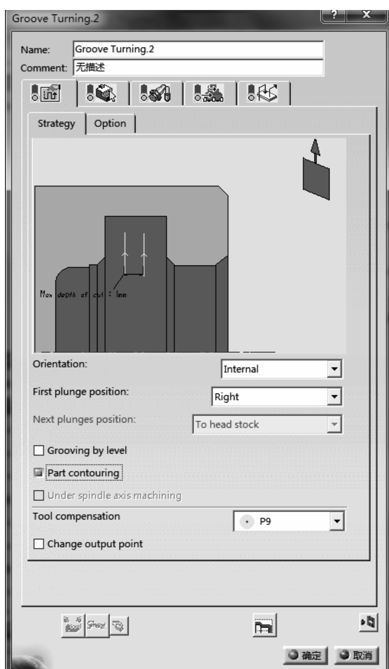


图 6-144　“Strategy”选项卡（3）

● 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（6）中输入“1mm”，如图 6-145 所示。

● 单击“Option”选项卡（6），设置切入/切出参数如图 6-146 所示。

4）定义进给率。单击“Groove Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（9），如图 6-147 所示。

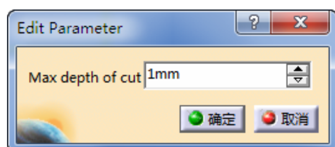


图 6-145　“Edit Parameter”选项卡（6）

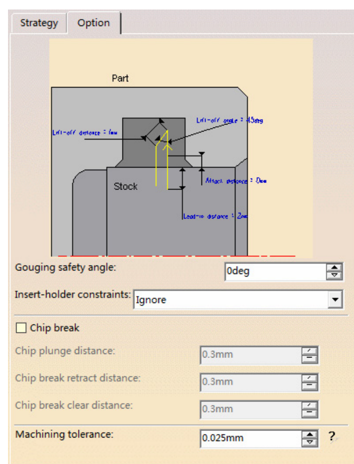


图 6-146　“Option”选项卡（6）

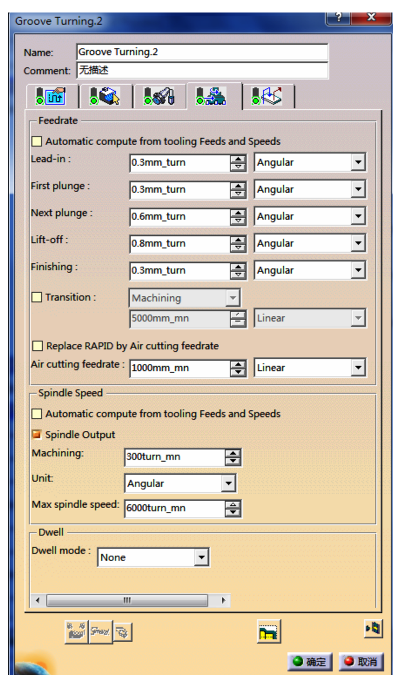


图 6-147　进给率参数选项卡（9）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Groove Turning.1”对话框中的 ，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮 和 Add Tangent motion 按钮 ，

设置“Approach”参数（8）如图 6-148 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（8）如图 6-149 所示。

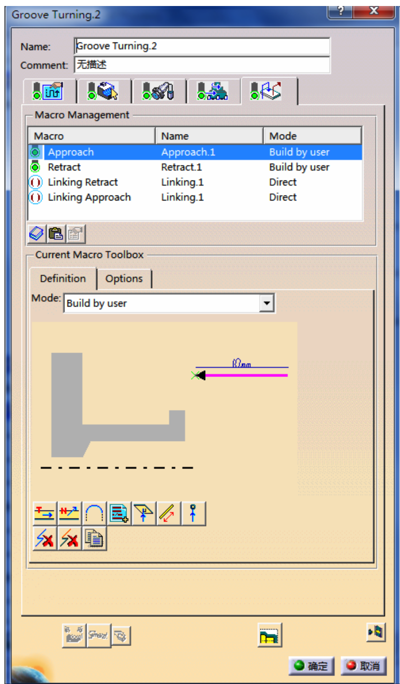


图 6-148 设置“Approach”参数（8）

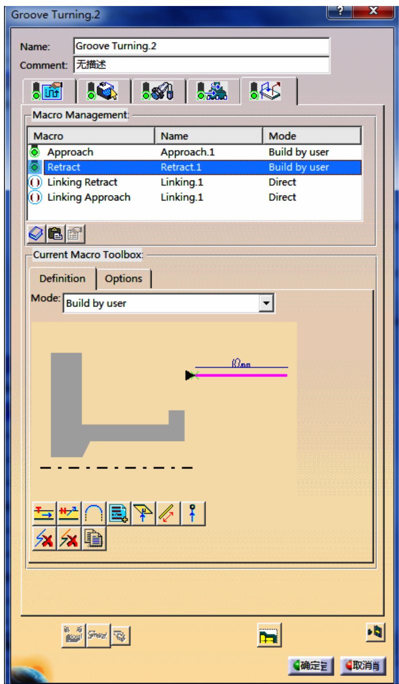


图 6-149 设置“Retract”参数（8）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Groove Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（10）如图 6-150 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（9）如图 6-151 所示。

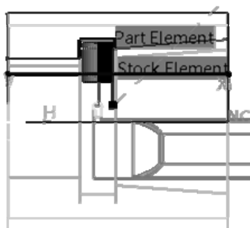


图 6-150 刀具路径轨迹（10）

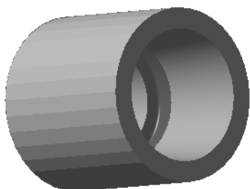


图 6-151 实体切削仿真（9）

7．*内螺纹加工*

在特征树中选择“Groove Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Thread Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Thread Turning Operation 按钮，弹出“Thread Turning.1”对话框（2），如图 6-152 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（8）。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 6-153 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

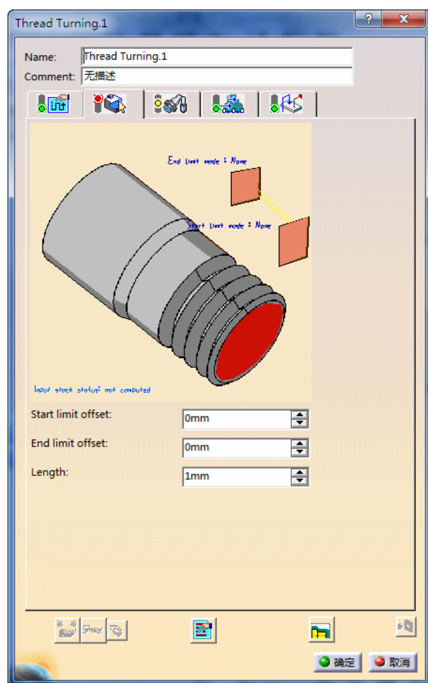


图 6-152 “Thread Turning.1”对话框（2）

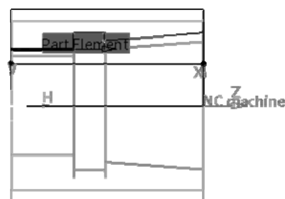


图 6-153 定义零件轮廓（8）

● 定义螺纹起点（2）。右键单击“Start limit mode”，在系统弹出的对话框中选择“On”命令，激活螺纹起点感应区，单击起始极限元素感应区，选择如图 6-154 所示的点，在空白处双击鼠标左键返回。

● 定义螺纹终点（2）。右键单击“End limit mode”，在系统弹出的对话框中选择“On”命令，激活螺纹终点感应区，单击终止极限元素感应区，选择如图 6-155 所示的点，在空白处双击鼠标左键返回。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Thread Turning.1”对话框中的[icon]，切换到刀具参数选项卡（9），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.4”，如图 6-156 所示。

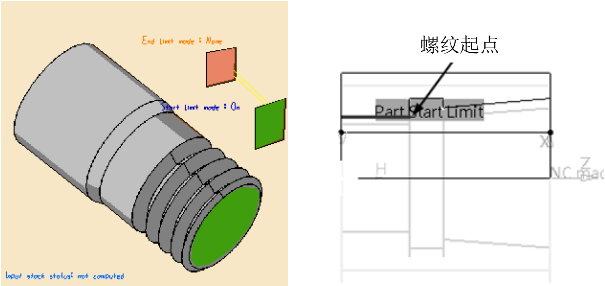


图 6-154　定义螺纹起点（2）

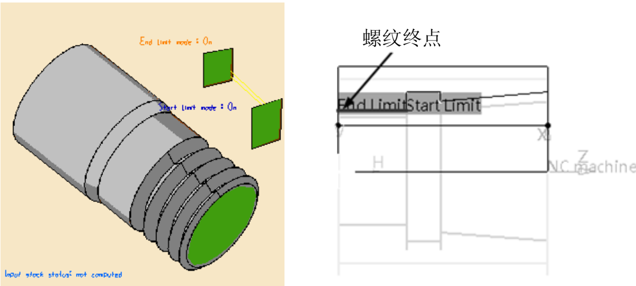


图 6-155　定义螺纹终点（2）

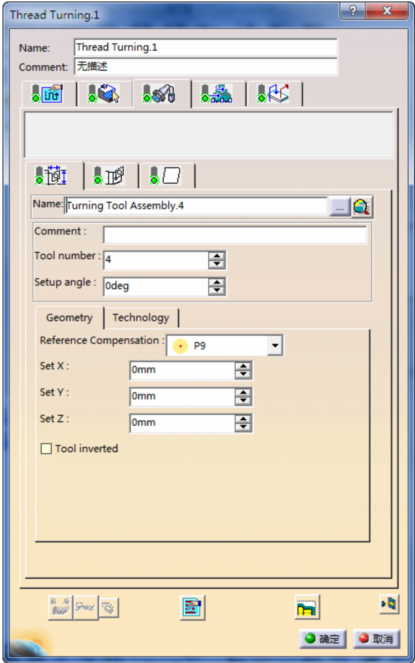


图 6-156　刀具参数选项卡（9）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（8），设置刀具刀柄的参数，如图 6-157 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（8），设置刀片类型以及刀片参数，如图 6-158 所示。

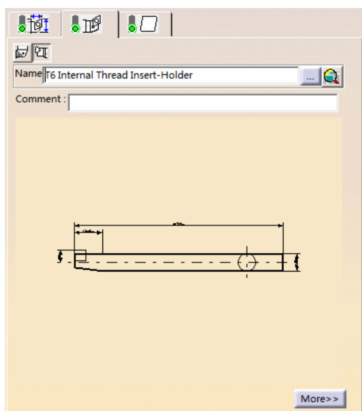


图 6-157　刀柄选项卡（8）

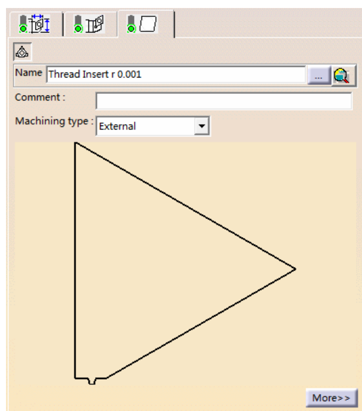


图 6-158　刀片选项卡（8）

3）定义刀具路径参数。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“Thread”选项卡（2），在“Profile”下拉列表中选择“ISO”，在“Orientation”下拉列表中选择“Internal”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，其他参数如图 6-159 所示。

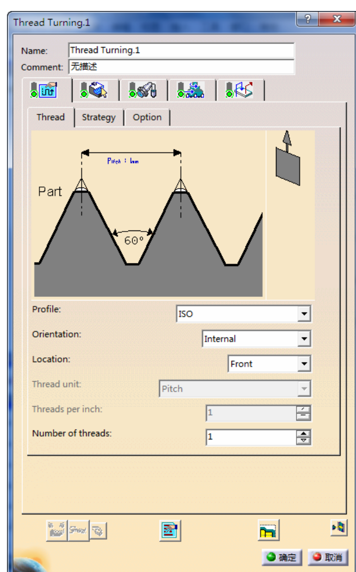


图 6-159　“Thread”选项卡（2）

● 双击“Pitch”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（7）中输入“2”mm，如图 6-160 所示。

● 单击“Strategy”选项卡（4），设置相关参数如图 6-161 所示。单击“Option”选项卡（7），设置切入/切出参数如图 6-162 所示。

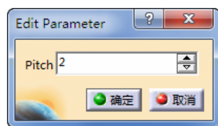


图 6-160 “Edit Parameter”选项卡（7）

4）定义进给率。单击“Thread Turning.1”对话框中的图标，切换到进给率参数选项卡（10），如图 6-163 所示。

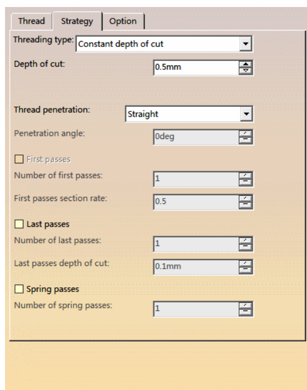


图 6-161 “Strategy”选项卡（4）

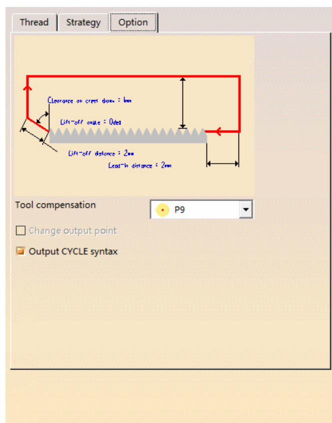


图 6-162 “Option”选项卡（7）

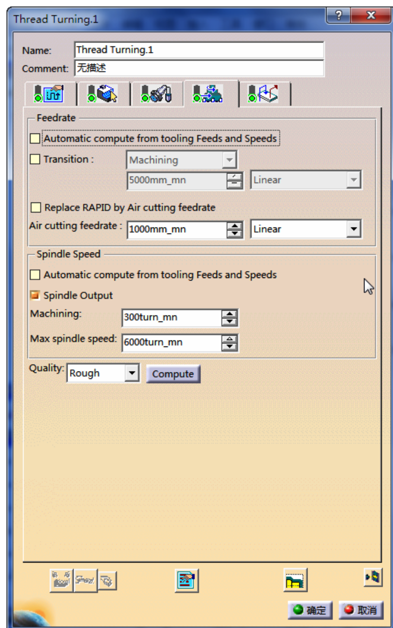


图 6-163 进给率参数选项卡（10）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Thread Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Approach”参数（9）如图 6-164 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（9）如图 6-165 所示。

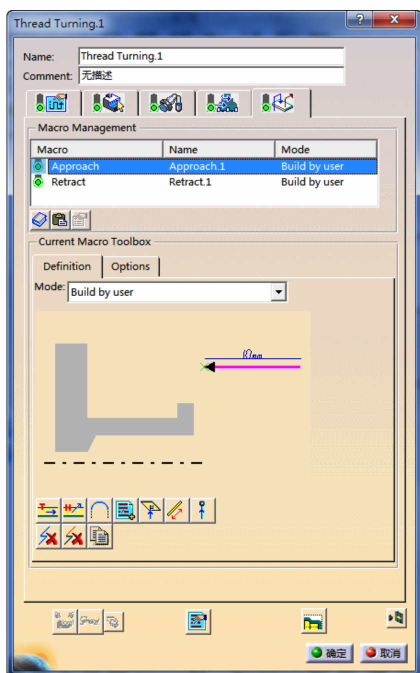


图 6-164　设置“Approach”参数（9）

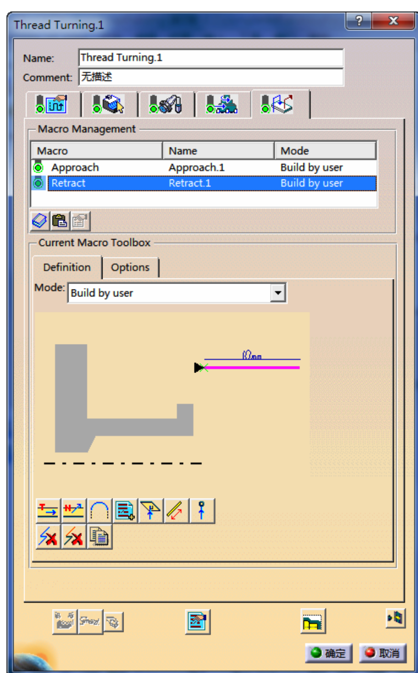


图 6-165　设置“Retract”参数（9）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Thread Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Thread Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（11）如图 6-166 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（10）如图 6-167 所示。

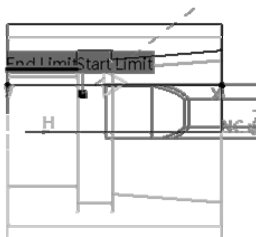


图 6-166　刀具路径轨迹（11）

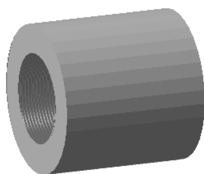


图 6-167　实体切削仿真（10）

7）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 6 章\6.2\completed\luowentaotong.CATProcess）。

6.2.5　实例总结

本节通过螺纹套筒为例，讲解了 CATIA V5 R20 内表面车削数控加工的方法，包括钻孔、粗镗、精镗、沟槽、螺纹加工等。读者学习时需要注意，内孔表面的加工方法和外圆表面的加工方法基本相似，但由于内孔表面空间小，在设置进刀、退刀参数时需要小心谨慎，同时要反复设置。

第 7 章　CATIA V5 R20 车铣复合加工实例

随着 CNC 技术的发展与普及，自 20 世纪 90 年代后，车铣复合加工技术得到了飞速的发展。车铣复合加工是一种利用工件旋转和铣刀旋转的合成运动来实现对工件的切削加工的技术。利用该技术，可以减少工件装夹次数，提高工件的加工精度，降低成本。本章按照由浅入深的原则，通过两个具体实例来讲解 CATIA V5 R20 车铣复合加工的一般流程和实际应用。

7.1　入门实例——分度盘车铣复合数控加工

7.1.1　实例描述

分度盘零件如图 7-1 所示。零件整体为圆柱形，沿着径向分布 8 个开槽。由于车床一般只能加工回转体表面，难于加工平面和斜孔，所以可在车铣复合加工中心上完成加工。给定坯料为圆柱形棒料，材料为 45 钢。

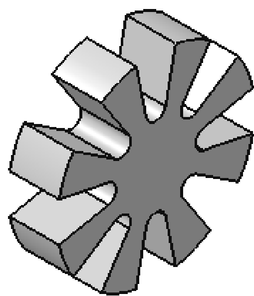


图 7-1　分度盘

7.1.2　加工方法分析

由于车铣复合加工中心是典型的多主轴加工机床，根据零件特点安排如下加工方案：

1）车削加工。利用 CATIA 车削加工模块完成外圆表面的粗车、精车，采用粗车方法完成粗加工，精车采用轮廓精车。

2）铣削加工。利用 CATIA 铣加工模块完成凹槽铣削。在加工之前要准备好铣削加工坐标系，因为在多轴加工中，每一个轴都要定义一个加工坐标系。

7.1.3 加工流程与所用知识点

分度盘车铣复合数控加工的设计流程和知识点见表 7-1。

表 7-1 分度盘车铣复合数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知 识 点	设计流程效果图
Step 1：打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2：创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3：定义车削零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	Tool change NC machine axis
Step 4：粗车加工	粗车加工用于移除大量材料，一般加工精度比较低，主要用于加工零件的外表面	Stock Element NC machine axis
Step 5：轮廓精车加工	轮廓精车加工主要用于精密轴类零件	Part Element NC machine axis
Step 6：定义铣削零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	Tool change NC machine axis Safety plane

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 7： 等高线粗加工	等高线粗加工是以垂直于刀具 *Z* 轴的刀具路径主层切除毛坯零件中的材料	

7.1.4　具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“fendupan.catpart”（随书光盘:\第 7 章\7.1\uncompleted\fendupan.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（1）如图 7-2 所示。

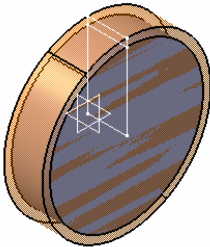


图 7-2　打开的模型文件（1）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Lathe Machining”命令，进入车削加工环境。

2. 定义零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（1），如图 7-3 所示。

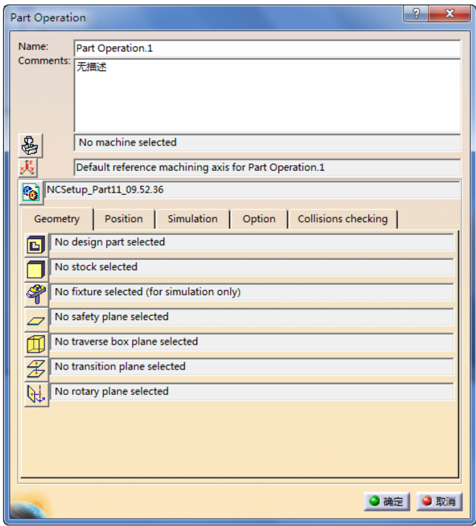


图 7-3　“Part Operation”对话框（1）

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出

“Machine Editor”对话框（1），选择“Horizontal Lathe Machine.1”，如图 7-4 所示。

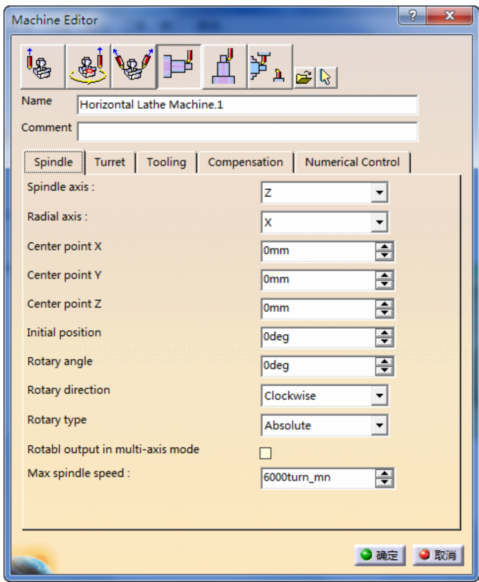


图 7-4 “Machine Editor”对话框（1）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1），如图 7-5 所示。

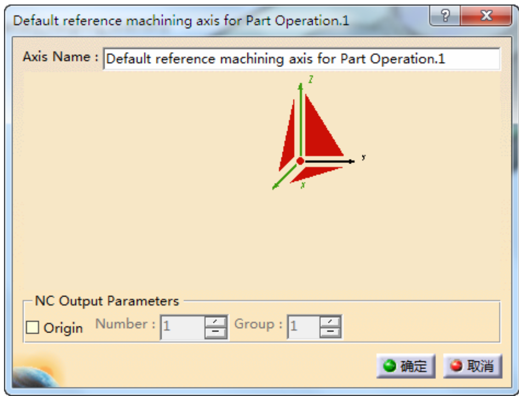


图 7-5 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（1）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 7-6 所示的圆，系统自动以圆心作为坐标原点，定义加工坐标系（1）如图 7-6 所示。

● 单击对话框中的 *Z* 轴，系统弹出“Direction Z”对话框，*Z* 轴方向设定（1）如图 7-7 所示。单击“确定”按钮完成设定。

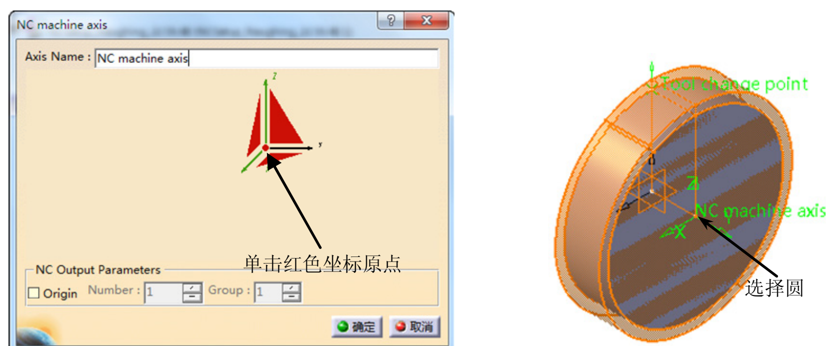


图 7-6　定义加工坐标系（1）

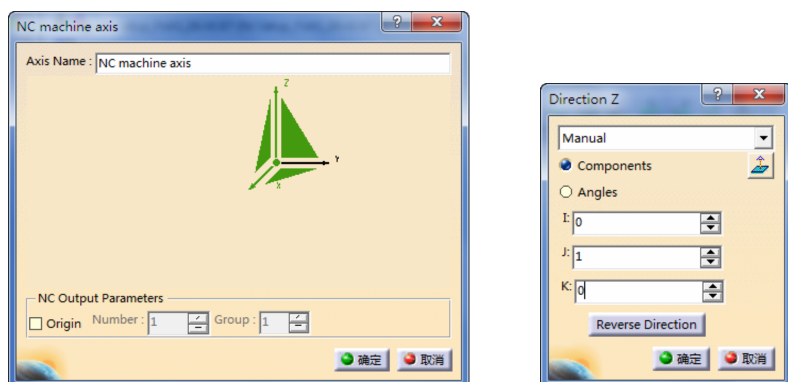


图 7-7　*Z* 轴方向设定（1）

● 单击对话框中的 *X* 轴，系统弹出“Direction X”对话框，设置 *X* 轴方向设定（1）如图 7-8 所示。单击“确定”按钮完成设定。

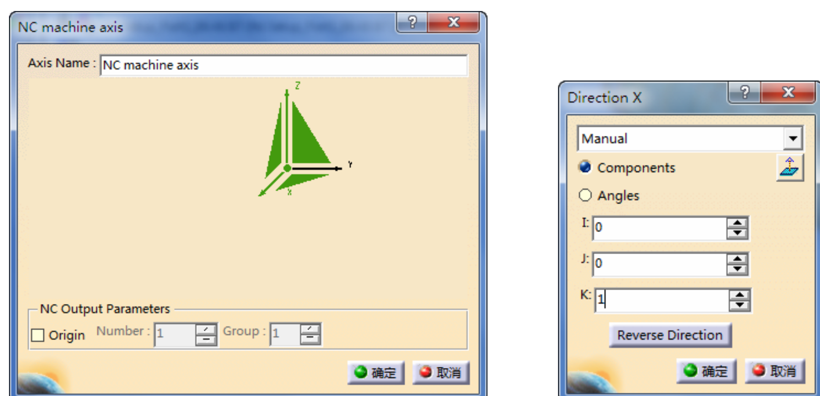


图 7-8　*X* 轴方向设定（1）

4）定义目标加工零件（1）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-9 所示的实体作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（1）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 7-10 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

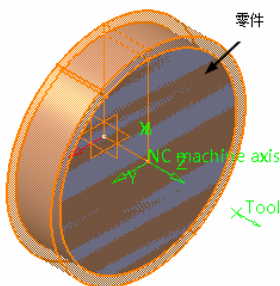


图 7-9　定义目标加工零件（1）

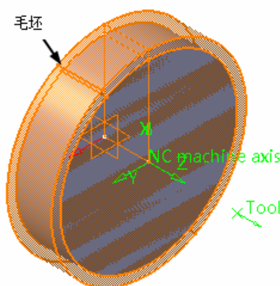


图 7-10　定义毛坯零件（1）

6）定义换刀点（1）。选择“Part Operation.1”对话框中的“Position”选项卡，然后设置相关参数如图 7-11 所示。单击“Part Operation.1”对话框完成定义换刀点操作。

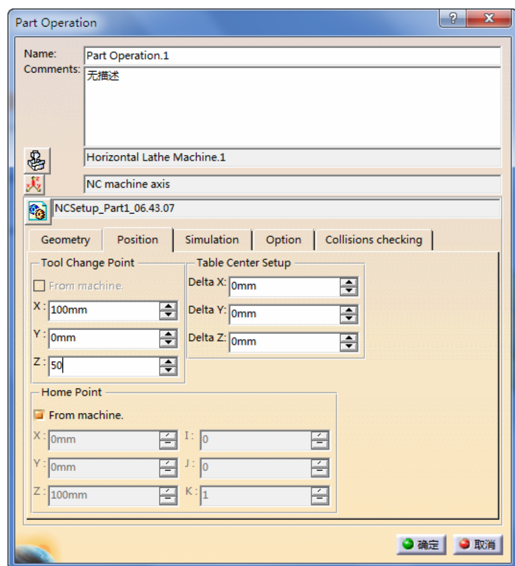


图 7-11　定义换刀点（1）

3. 粗车加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→

“Machining Operations”→“Rough Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Rough Turning operation 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框（1），如图 7-12 所示。

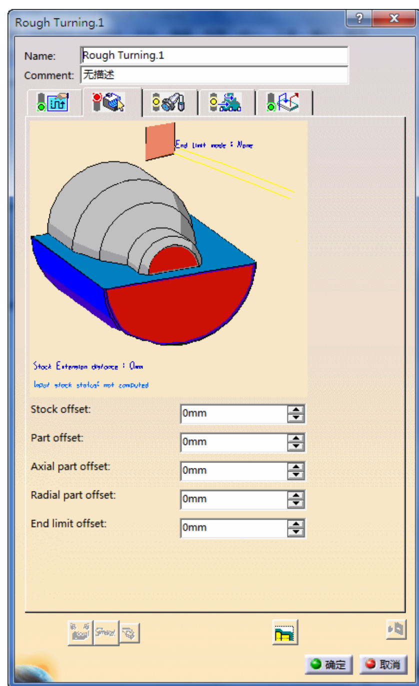


图 7-12　“Rough Turning.1”对话框（1）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（1）。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 7-13 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

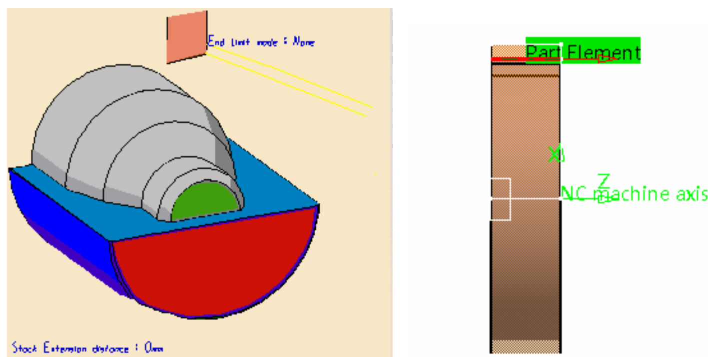


图 7-13　定义零件轮廓（1）

● 定义毛坯边界（1）。单击对话框中毛坯边界感应区，选择如图 7-14 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

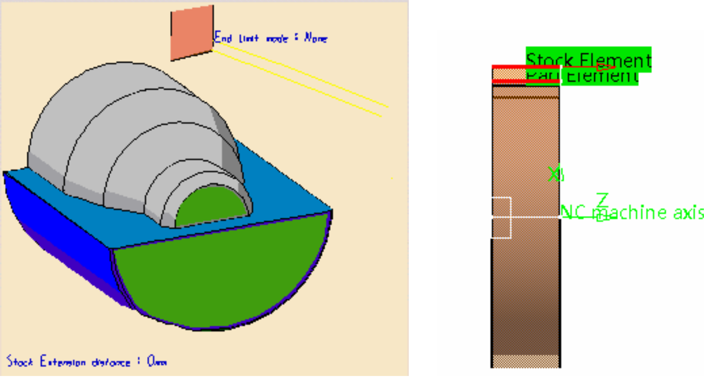


图 7-14 定义毛坯边界（1）

● 定义零件余量（1）。在“Part Offset”文本框中输入“1mm”，如图 7-15 所示。

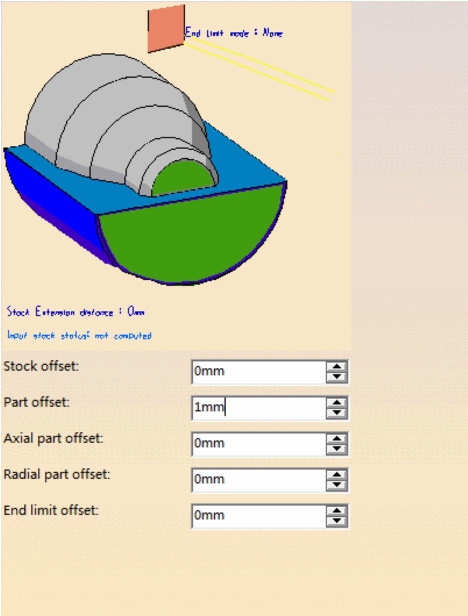


图 7-15 定义零件余量（1）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（1），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.1”，如图 7-16 所示。

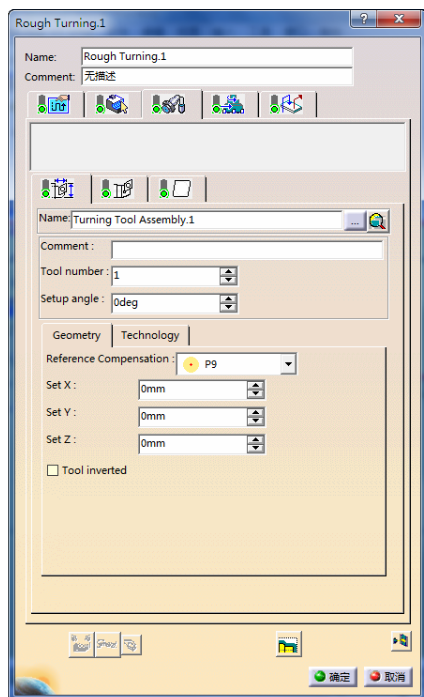


图 7-16　“刀具参数”选项卡（1）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（1），设置刀具刀柄的参数，如图 7-17 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（1），设置刀片类型以及刀片参数，如图 7-18 所示。

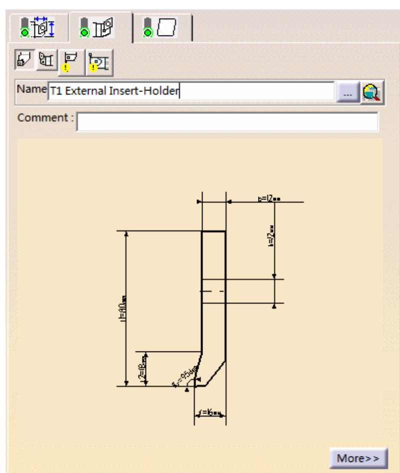


图 7-17　刀柄选项卡（1）

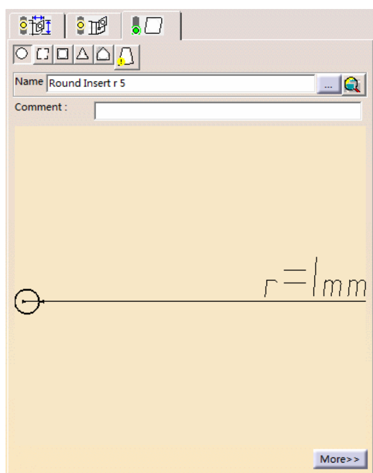


图 7-18　刀片选项卡（1）

3）定义刀具路径参数。单击“Rough Turning.1”对话框中的图标，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 在“Machining”选项卡（1）的“Roughing mode”下拉列表中选择“Longitudinal”，在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，在“Part contouring”下拉列表中选择“Last path only”，如图 7-19 所示。

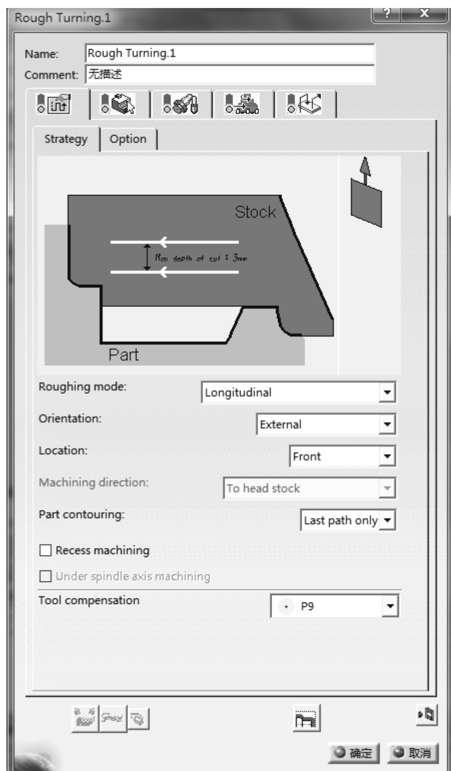


图 7-19 “Machining”选项卡（1）

- 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（1）中输入“2” mm，如图 7-20 所示。
- 单击“Option”选项卡（1），设置切入/切出参数如图 7-21 所示。

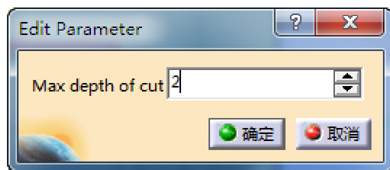


图 7-20 “Edit Parameter”选项卡（1）

4）定义进给率。单击“Rough Turning.1”对话框中的图标，切换到进给率参数选项卡（1），如图 7-22 所示。

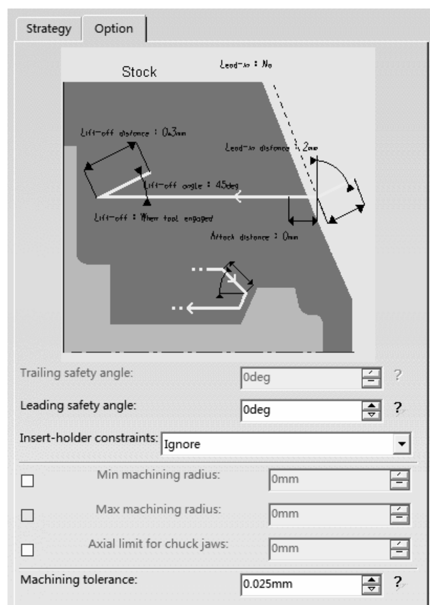


图 7-21　“Option”选项卡（1）

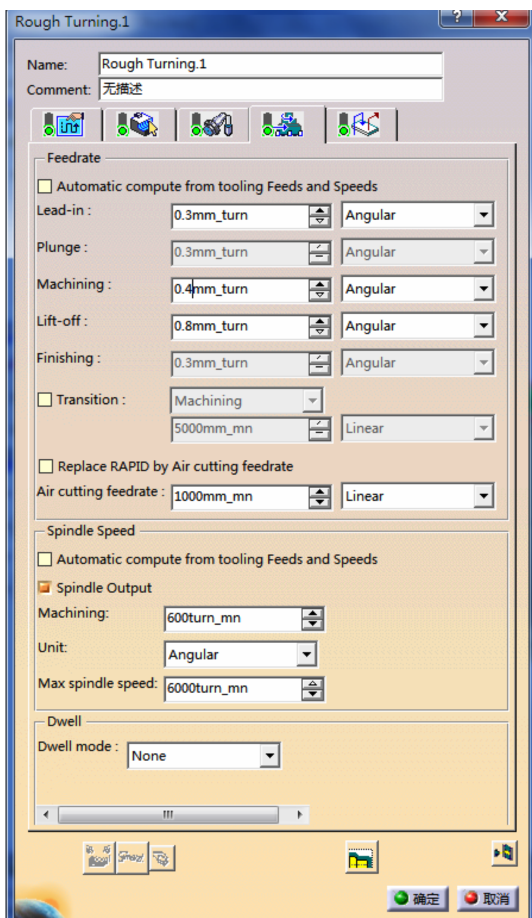


图 7-22　进给率参数选项卡（1）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到“进刀、退刀路径”选项卡，具体设置如下：

- 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Approach”参数（1）如图 7-23 所示。
- 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（2）如图 7-24 所示。

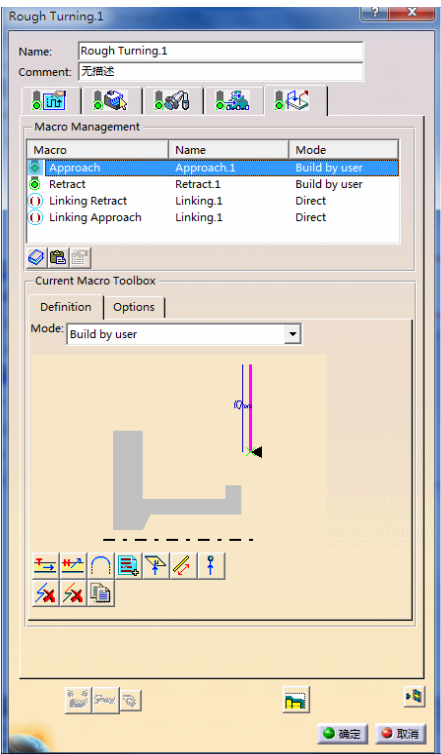


图 7-23　设置“Approach”参数（1）

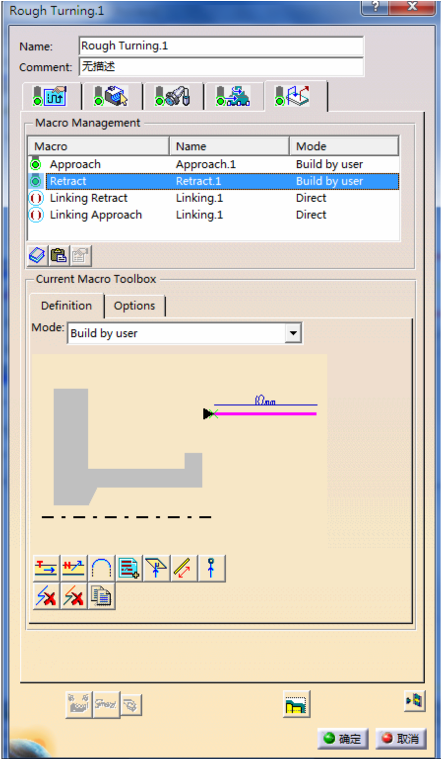


图 7-24　设置“Retract”参数（1）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（1）如图 7-25 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（1）如图 7-26 所示。

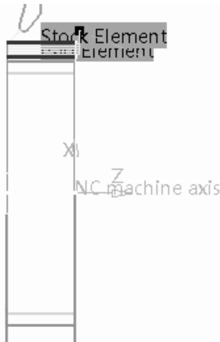


图 7-25　刀具路径轨迹（1）



图 7-26　实体切削仿真（1）

4．轮廓精车加工

在特征树中选择“Rough Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Profile Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Profile Finish Turning operation 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框（1），如图 7-27 所示。

1）设置几何参数

- 定义零件轮廓（2）。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中（1）的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 7-28 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

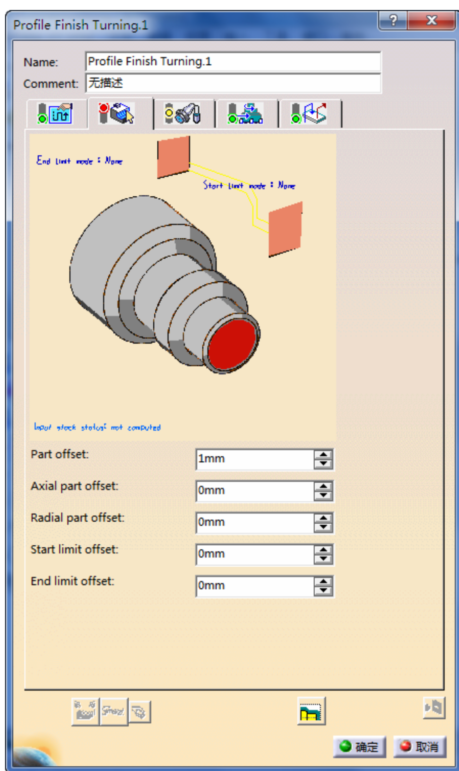


图 7-27　“Profile Finish Turning.1”对话框（1）

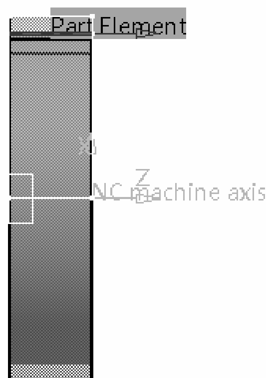


图 7-28　定义零件轮廓（2）

- 定义零件余量（2）。在“Part Offset”文本框中输入“0mm”，如图 7-29 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

- 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（2），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.2”，如图 7-30 所示。

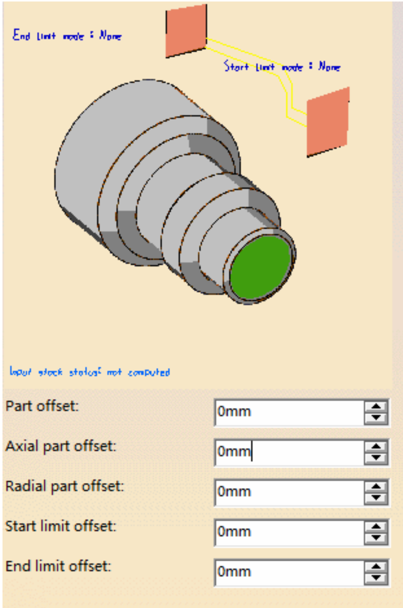


图 7-29　定义零件余量（2）

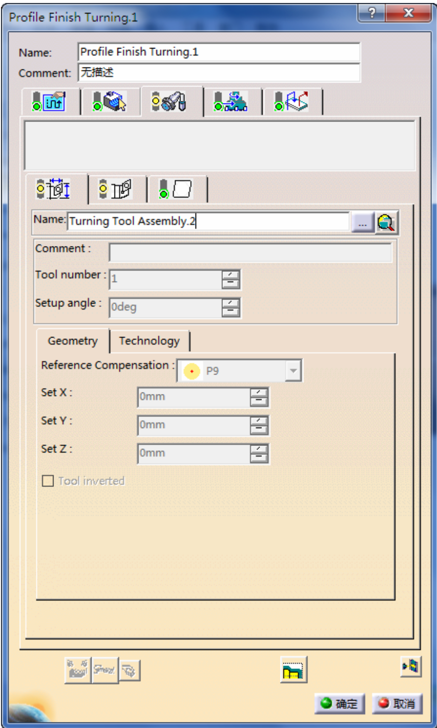


图 7-30　刀具参数选项卡（2）

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（2），设置刀具刀柄的参数，如图 7-31 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（2），设置刀片类型以及刀片参数，如图 7-32 所示。

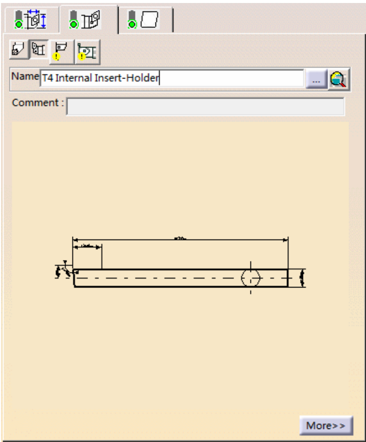


图 7-31　刀柄选项卡（2）

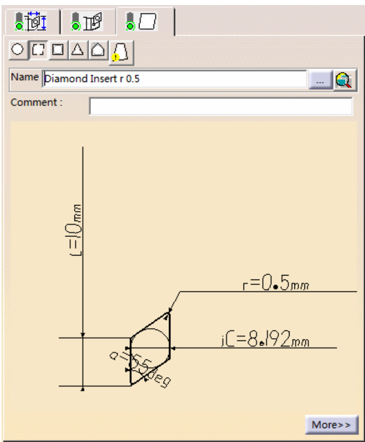


图 7-32　刀片选项卡（2）

3）定义刀具路径参数。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“General”选项卡（1），在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，取消“Recess machining”复选框，如图 7-33 所示。

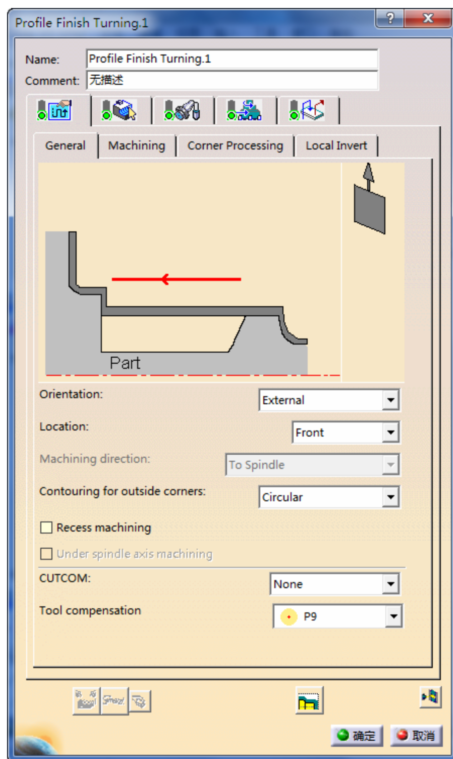


图 7-33　“General”选项卡（1）

● 在“Machining”选项卡（2）中，设置切入/切出参数如图 7-34 所示。

● 单击“Corner Processing”选项卡（1），设置拐角处理参数如图 7-35 所示。

4）定义进给率。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（2），如图 7-36 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion

按钮，设置“Approach”参数（2）如图 7-37 所示。

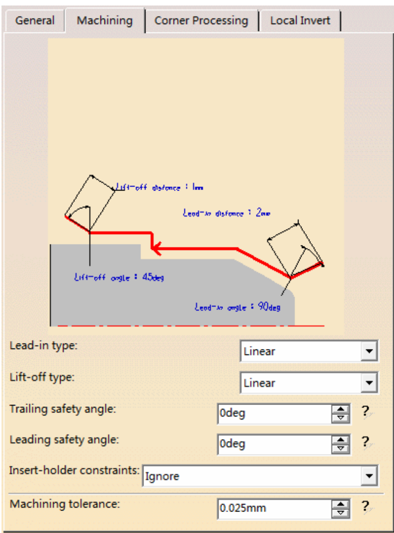


图 7-34 “Machining”选项卡（2）

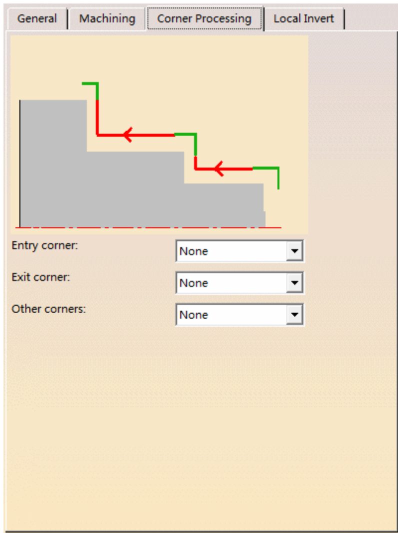


图 7-35 “Corner Processing”选项卡（1）

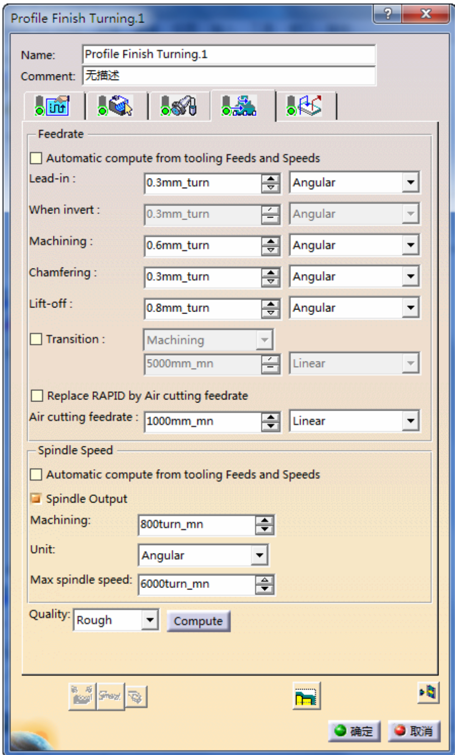


图 7-36 进给率参数选项卡（2）

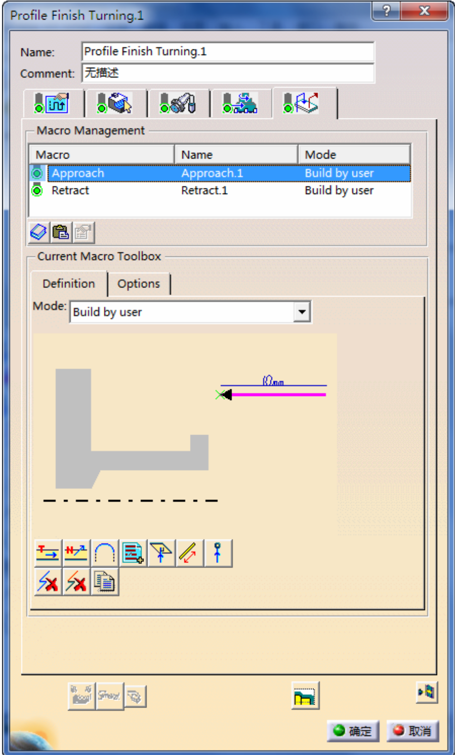


图 7-37 设置“Approach”参数（2）

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“Mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（2）如图 7-38 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（2）如图 7-39 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（2）如图 7-40 所示。

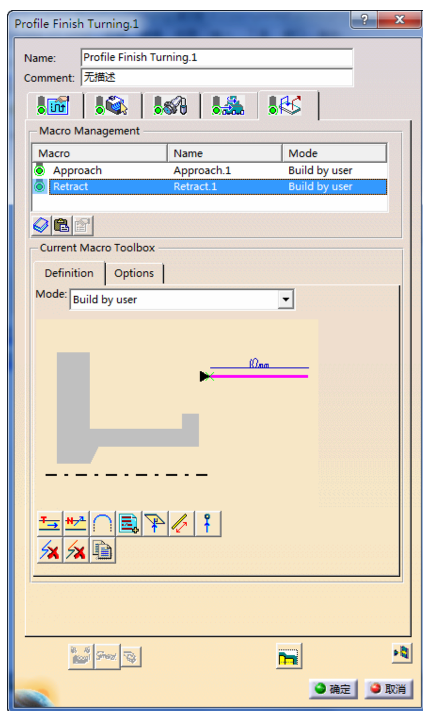


图 7-38　设置“Retract”参数（2）

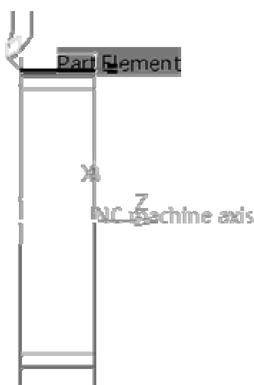


图 7-39　刀具路径轨迹（2）



图 7-40　实体切削仿真（2）

5. 创建铣削加工零件操作

1）复制和粘贴操作（1）。在特征树上选中“Part Operation.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“复制”命令；然后选中“Part Operation.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“粘贴”命令，如图 7-41 所示。

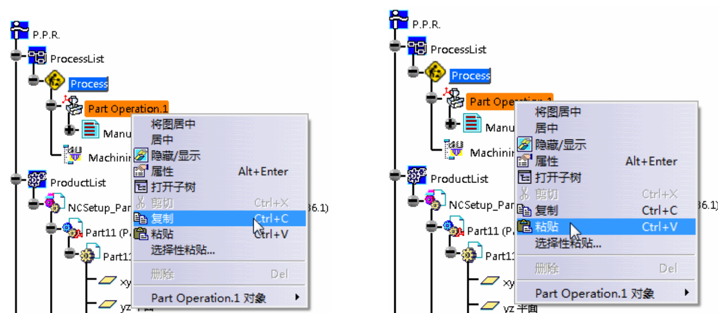


图 7-41　复制和粘贴操作（1）

2）删除节点项目（1）。展开“Part Operation.2”节点，将“Manufacturing Program.2”节点下的项目全部删除，如图 7-42 所示。

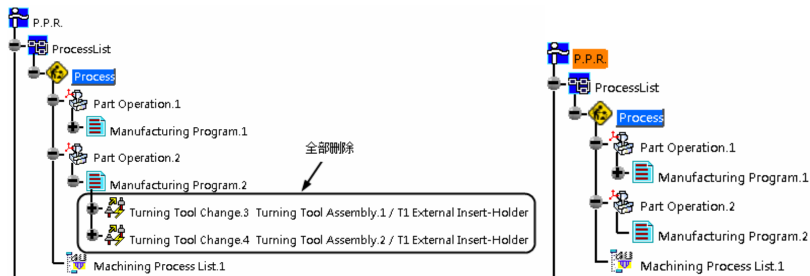


图 7-42　删除节点项目（1）

3）在特征树上双击“Part Operation.2”节点，弹出“Part Operation”对话框（2），如图 7-43 所示。

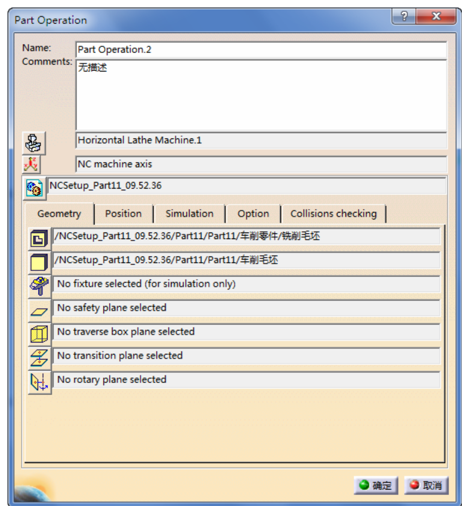


图 7-43　“Part Operation”对话框（2）

4）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（2），保持默认设置“3-axis Machine.2”，如图 7-44 所示。

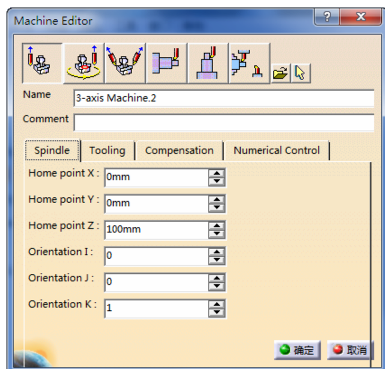


图 7-44　“Machine Editor”对话框（2）

5）定义目标加工零件（2）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-45 所示的实体模型作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

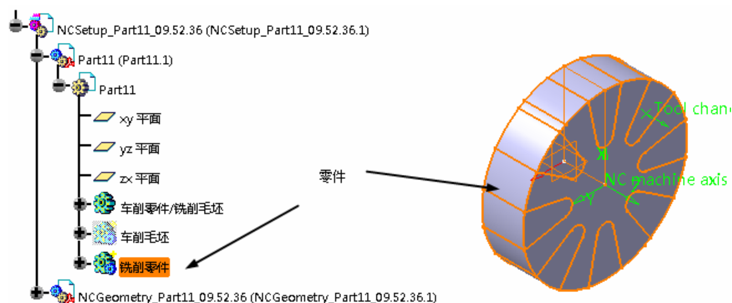


图 7-45　定义目标加工零件（2）

6）定义毛坯零件（2）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-46 所示的实体作为毛坯零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

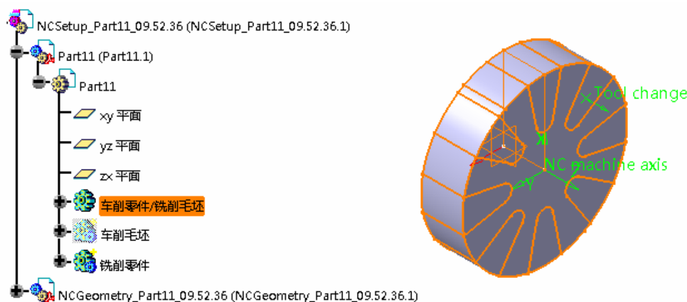


图 7-46　定义毛坯零件（2）

7）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

- 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define

the safety plane”，一般选择毛坯上表面，系统创建安全平面（1）如图 7-47 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（1）中选择“Offset”命令，如图 7-48 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“50”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（1）如图 7-49 所示。

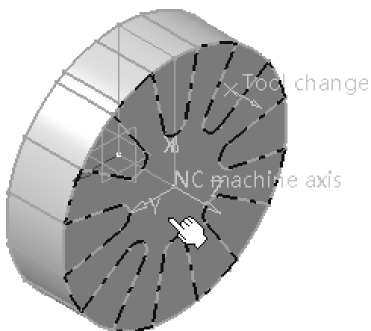


图 7-47 创建安全平面（1）

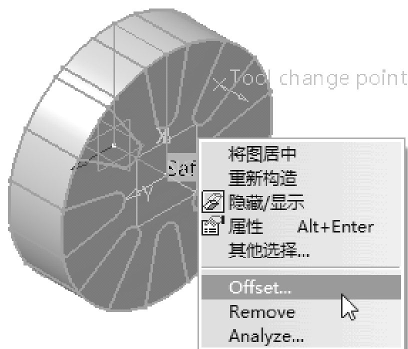


图 7-48 快捷菜单（1）

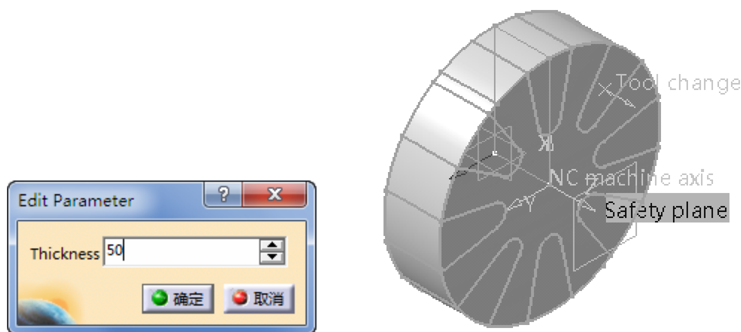


图 7-49 创建的安全平面（1）

8）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

6. 等高线粗加工

在特征树中选择 Manufacturing Program.2，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Roughing”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Roughing 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，如图 7-50 所示。

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义加工区域。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的目标零件感应区，选择整个目标加工零件作为加工对

象，在空白处双击鼠标左键返回，如图 7-51 所示。

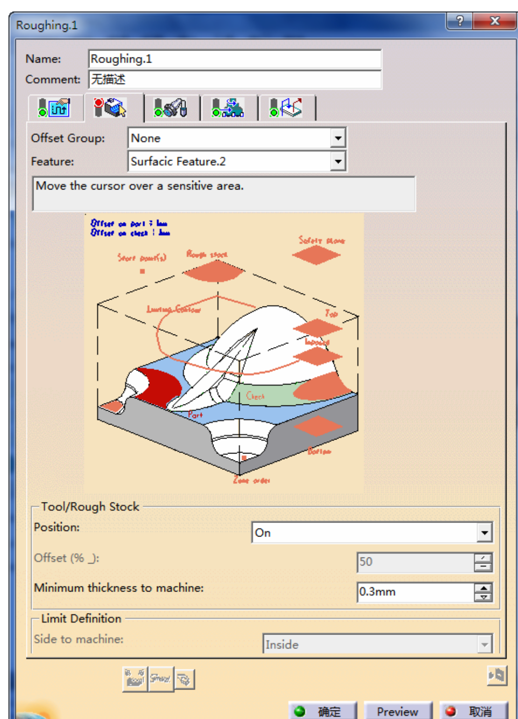


图 7-50　“Roughing.1”对话框

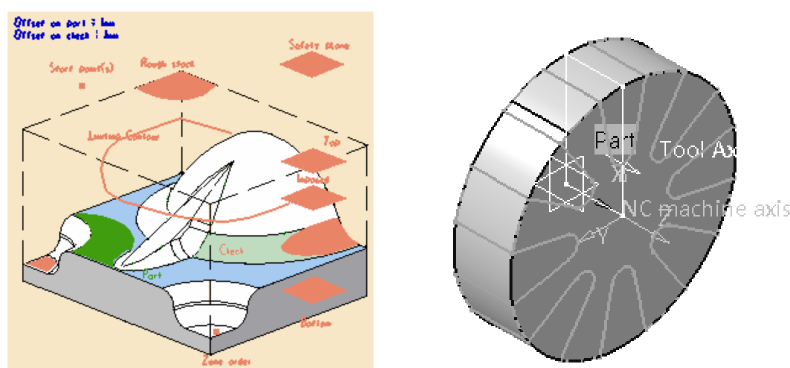


图 7-51　定义加工区域

- 定义零件余量（3）。双击“Rough.1”对话框中的“Offset on part”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 7-52 所示。
- 定义检查余量。双击“Offset on check”，弹出“Edit Parameter”对话框，可设置余量大小为“0”mm，如图 7-53 所示。

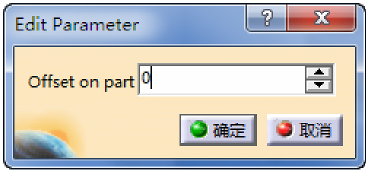


图 7-52　定义零件余量（3）

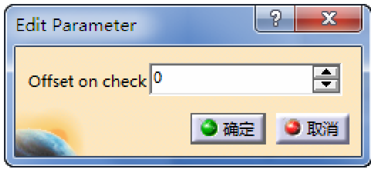


图 7-53　定义检查余量

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（3），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 7-54 所示。

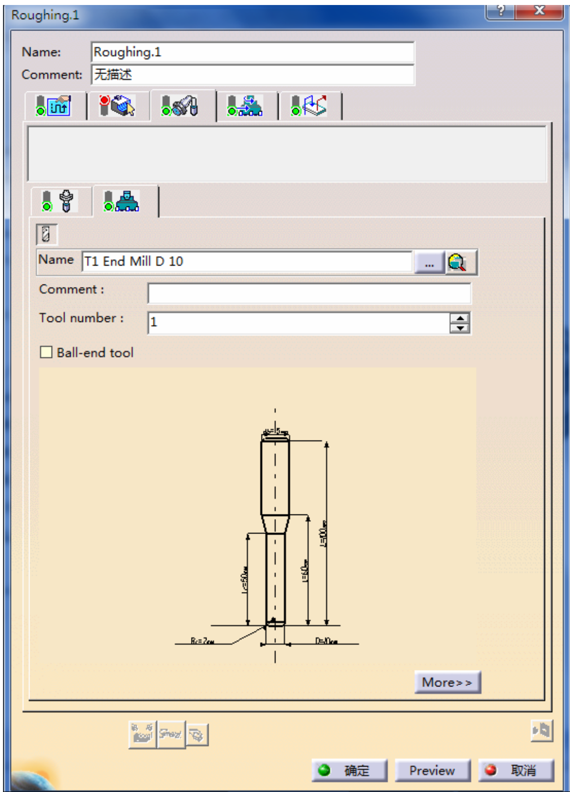


图 7-54　刀具参数选项卡（3）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（1）如图 7-55 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（3）的“Machine mode”下拉列表中选择“By Area”和“Outer part and pockets”选项，在“Tool path style”下拉列表中选择“Helical”选项，如图 7-56 所示。

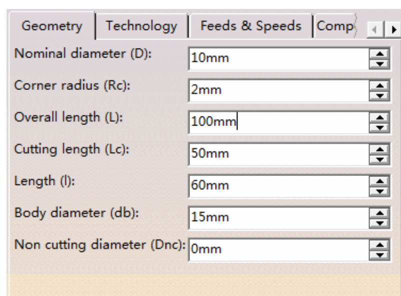


图 7-55　定义刀具参数（1）

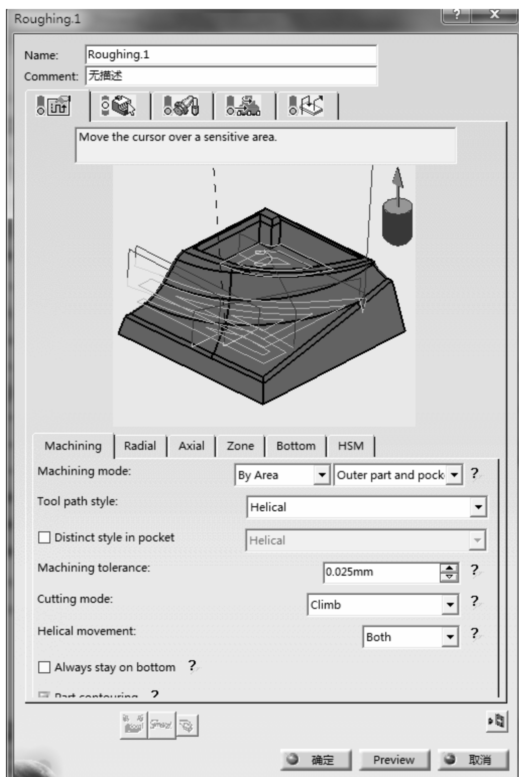


图 7-56　“Machining”选项卡（3）

● 在“Radial”选项卡（1）的“Stepover”下拉列表中选择“Overlap length”，在“Overlap length”文本框中输入“3mm”，如图 7-57 所示。



图 7-57　“Radial”选项卡（1）

● 在“Axial”选项卡（1）的“Maximum cut depth”文本框中输入“2mm”，如图 7-58 所示。

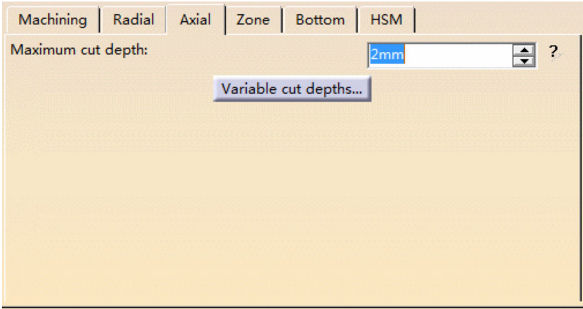


图 7-58 “Axial”选项卡（1）

4）定义进给率。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（3），如图 7-59 所示。

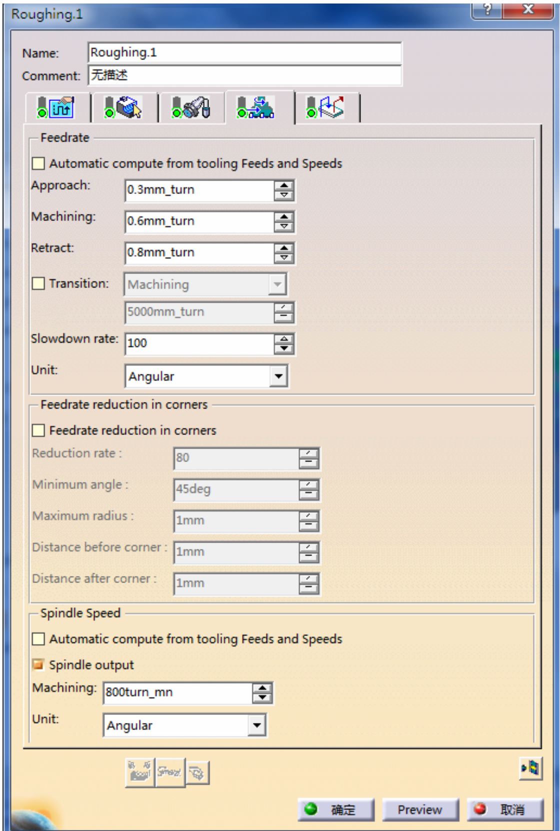


图 7-59 进给率参数选项卡（3）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Roughing.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Automatic”，在“mode”下拉列表中选择“Ramping”，设置其他参数如图 7-60 所示。

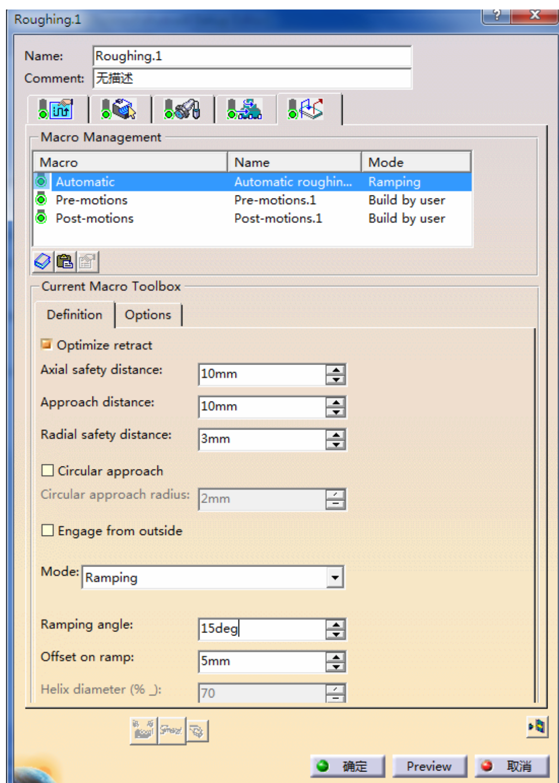


图 7-60　进退刀路径选项卡

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Pre-motions”，单击 Add axial motion 按钮，如图 7-61 所示。

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Post-motions”，单击 Add axial motion 按钮，如图 7-62 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Roughing.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Roughing.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（3）如图 7-63 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（3）如图 7-64 所示。

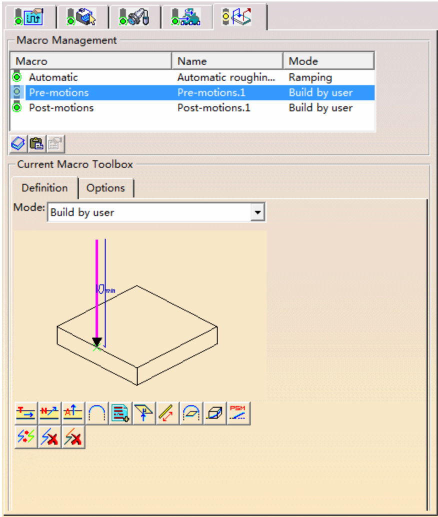


图 7-61　设置“Pre-motions”

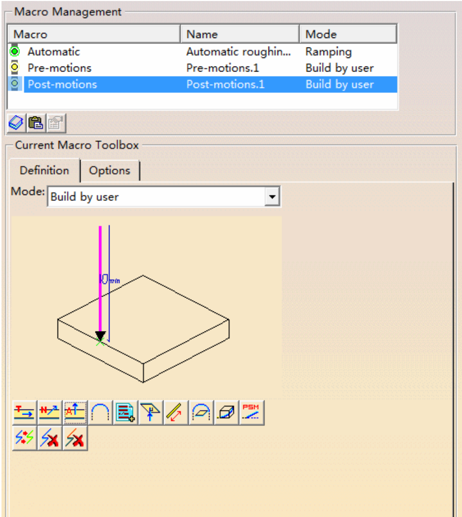
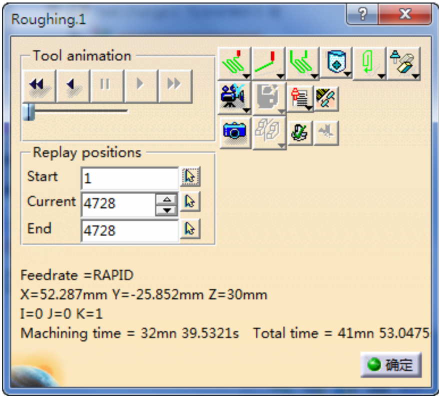


图 7-62　设置“Post-motions”



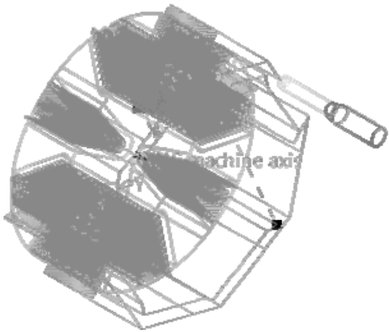
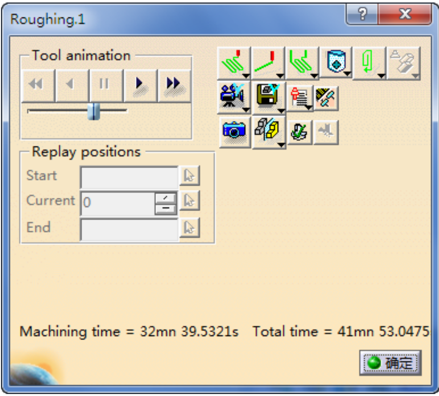


图 7-63　刀具路径轨迹（3）



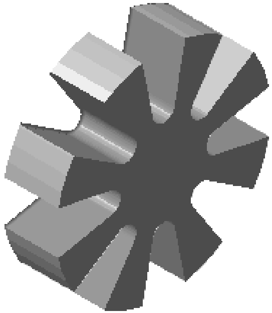


图 7-64　实体切削仿真（3）

7.1.5　实例总结

本节以分度盘为例，讲解了 CATIA V5 R20 车铣复合数控加工的一般方法和应用步骤。读者学习时需要注意：车铣复合数控加工一般分为两个阶段，首先进行车削加工，车削加工中的操作方法与 CATIA V5 R20 车削加工的方法完全相同；然后进行铣削加工，铣削加工中的操作方法与 CATIA V5 R20 铣削加工的方法基本相同，只是要将铣削加工坐标系的位置调整到与铣削时主轴相同的位置，即要创建新的铣削加工坐标系。

7.2　提高实例——花键轴车铣复合数控加工

7.2.1　实例描述

花键轴零件如图 7-65 所示，零件整体为圆柱形，在连接圆锥面上均与分布 6 个键槽。由于车床一般只能加工回转体表面，难于加工平面和斜孔，所以可在车铣复合加工中心上完成加工。给定坯料为圆柱形棒料，材料为 45 钢。

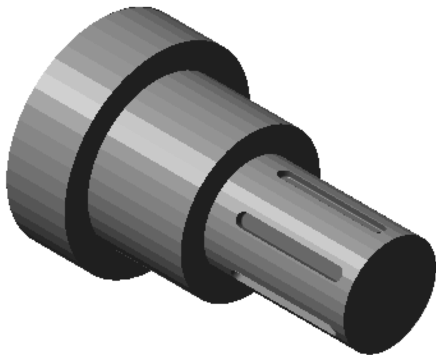


图 7-65　花键轴

7.2.2　加工方法分析

由于车铣复合加工中心是典型的多主轴加工机床，根据零件特点安排如下加工方案：

1）车削加工。利用 CATIA 车削加工模块完成外圆表面的粗车、精车。采用粗车方法完成粗加工，精车采用轮廓精车。

2）铣削加工。利用 CATIA 铣加工模块中的多轴曲线加工键槽。在加工之前要准备好铣削加工坐标系，因为在多轴加工中，每一个轴都要定义一个加工坐标系。

3）刀具路径轨迹旋转变换。利用刀具路径轨迹旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域，简化创建操作，节省时间，提高效率。

7.2.3　加工流程与所用知识点

花键轴车铣复合数控加工的设计流程和知识点见表 7-2。

表 7-2　花键轴车铣复合数控加工的设计流程和知识点

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 1： 打开文件进入加工环境	数控加工环境是指进入 CATIA 制造模块后进行编程操作的软件环境	
Step 2： 创建毛坯零件	创建毛坯零件是指在零件周围建立最小的长方体毛坯，该毛坯将用于加工坯料	
Step 3： 定义车削零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	NC machine axis
Step 4： 粗车加工	粗车加工用于移除大量材料，一般加工精度比较低，主要用于加工零件的外表面	Stock Element
Step 5： 轮廓精车加工	轮廓精车加工主要用于加工精密的轴类零件	Part Element
Step 6： 定义铣削零件操作	定义零件操作主要包括定义数控机床，定义加工坐标系，定义目标加工零件、毛坯零件，选择夹具和定义安全平面等	Safety plane NC machine axis

（续）

设 计 流 程	知　识　点	设计流程效果图
Step 7： 多轴曲线加工键槽	多轴曲线加工是指刀具沿曲线进行走刀生成刀具路径	
Step 8： 刀具变换	利用刀具路径轨迹旋转复制功能可将一个刀具路径复制到另外一个区域	

7.2.4　具体操作步骤

1. 打开模型文件进入加工环境

1）启动 CATIA V5 R20 后，单击工具栏上的打开按钮，打开选择文件对话框，选择“huajianzhou.catpart”（随书光盘：\第 7 章\7.2\uncompleted\huajianzhou.catpart），单击“OK”按钮，打开的模型文件（2）如图 7-66 所示。

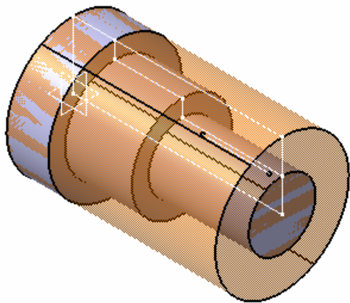


图 7-66　打开的模型文件（2）

2）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Lathe Machining”命令，进入车削加工环境。

2. 定义车削零件操作

1）在特征树上双击“Part Operation.1”节点，弹出“Part Operation”对话框（3），如图 7-67 所示。

2）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（3），选择“Horizontal Lathe Machine.1”，如图 7-68 所示。

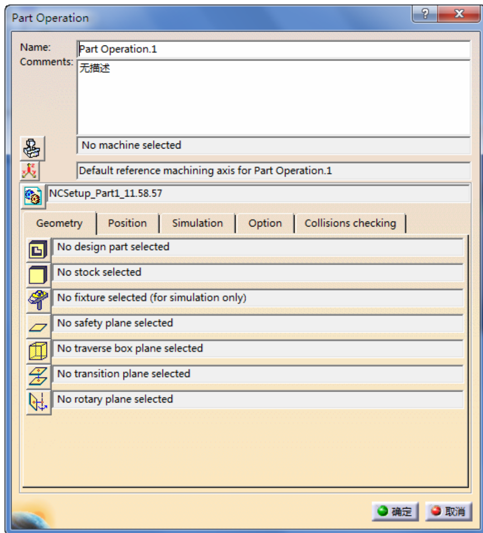


图 7-67 “Part Operation”对话框（3）

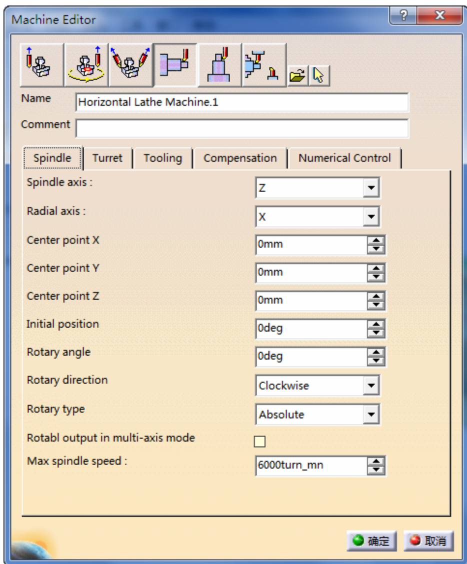


图 7-68 “Machine Editor”对话框（3）

3）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2），如图 7-69 所示。

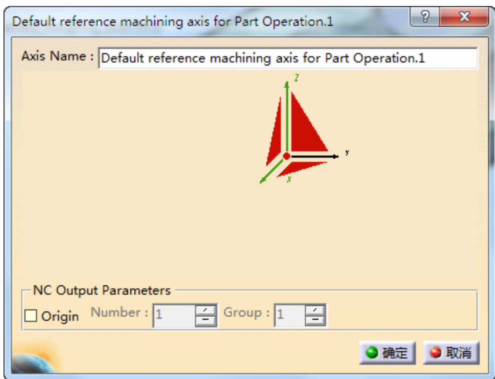


图 7-69 “Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框（2）

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 7-70 所示的圆，系统自动以圆心作为坐标原点，定义加工坐标系（2）如图 7-70 所示。

● 单击对话框中的 *Z* 轴，系统弹出“Direction Z”对话框，*Z* 轴方向设定（2）

如图 7-71 所示。单击“确定”按钮完成设定。

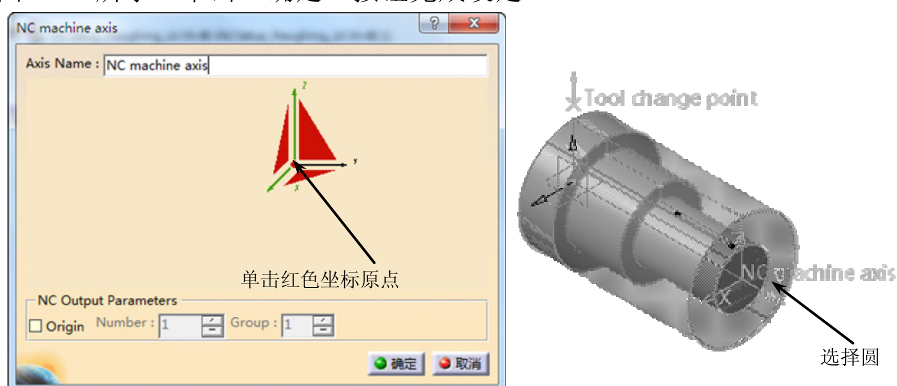


图 7-70　定义加工坐标系（2）

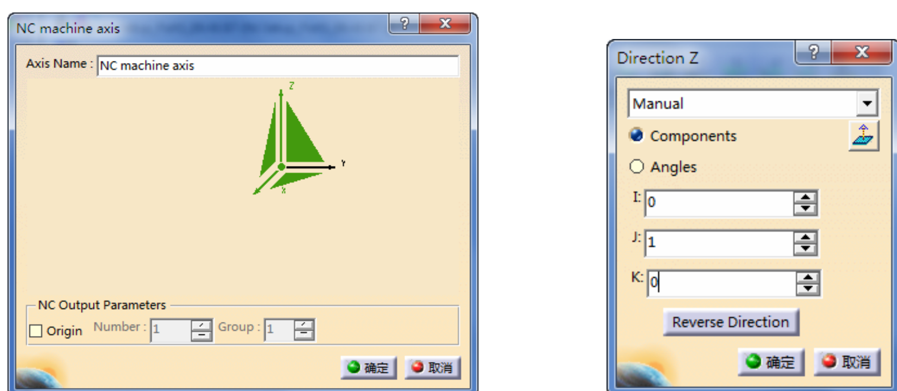


图 7-71　*Z* 轴方向设定（2）

- 单击对话框中的 *X* 轴，系统弹出“Direction X”对话框，*X* 轴方向设定（2）如图 7-72 所示。单击“确定”按钮完成设定。

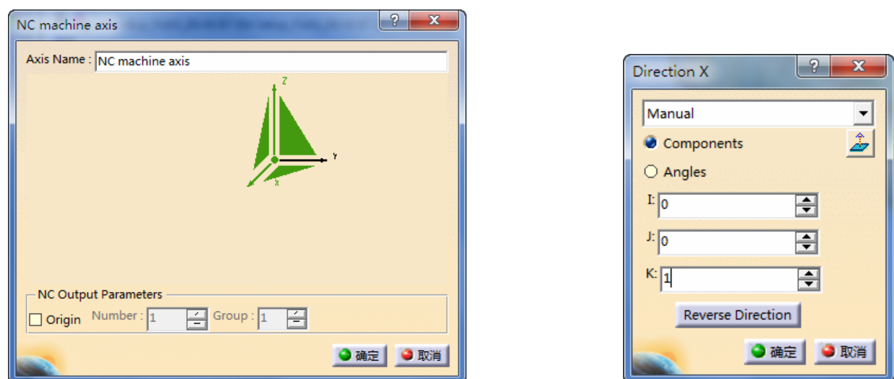


图 7-72　*X* 轴方向设定（2）

4）定义目标加工零件（3）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-73 所示的实体作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

5）定义毛坯零件（3）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区创建毛坯实体作为毛坯零件，如图 7-74 所示，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

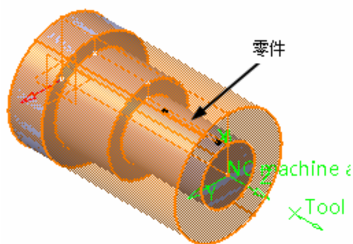


图 7-73　定义目标加工零件（3）

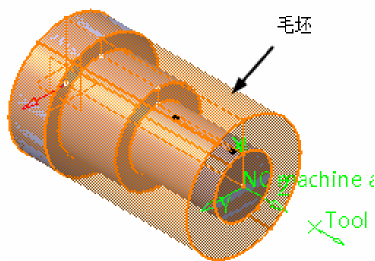


图 7-74　定义毛坯零件（3）

6）定义换刀点（2）。选择“Part Operation.1”对话框中的“Position”选项卡，然后设置相关参数如图 7-75 所示。单击“Part Operation.1”对话框完成定义换刀点操作。

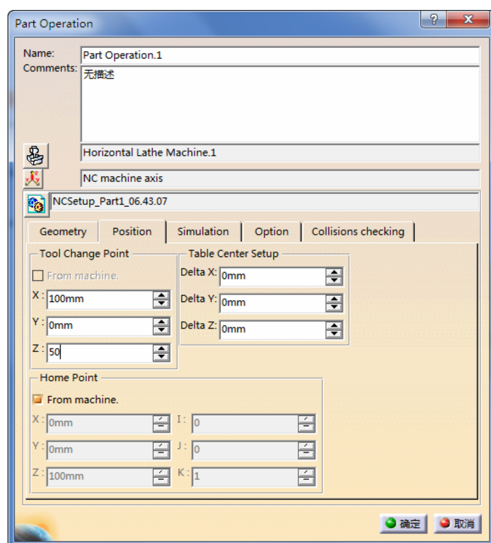


图 7-75　定义换刀点（2）

3. 粗车加工

在特征树中选择“Manufacturing Program.1”，选择下拉菜单“插入”→

“Machining Operations”→“Rough Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Rough Turning operation 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框（2），如图 7-76 所示。

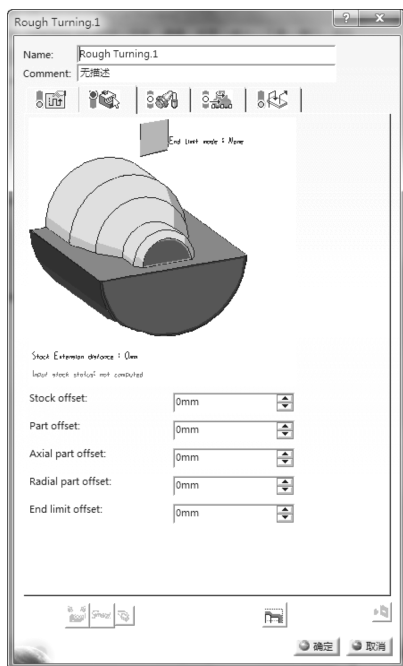


图 7-76　“Rough Turning.1”对话框（2）

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

● 定义零件轮廓（3）。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 7-77 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

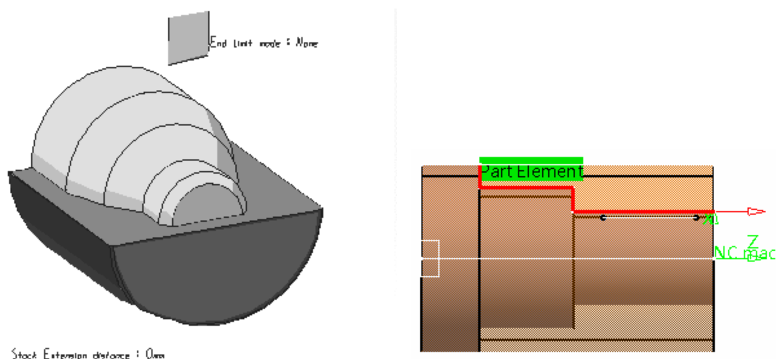


图 7-77　定义零件轮廓（3）

● 定义毛坯边界（2）。单击对话框中毛坯边界感应区，选择如图 7-78 所示的曲线作为毛坯边界，在空白处双击鼠标左键返回。

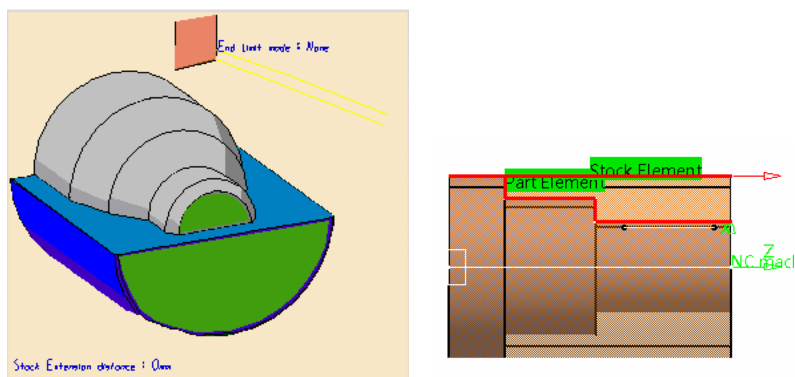


图 7-78 定义毛坯边界（2）

● 定义零件余量（4）。在“Part offset”文本框中输入“1mm”，如图 7-79 所示。

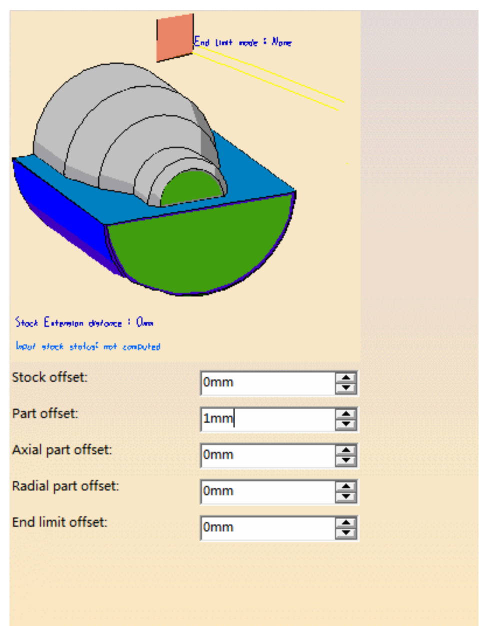


图 7-79 定义零件余量（4）

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（4），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.1”，如图 7-80 所示。

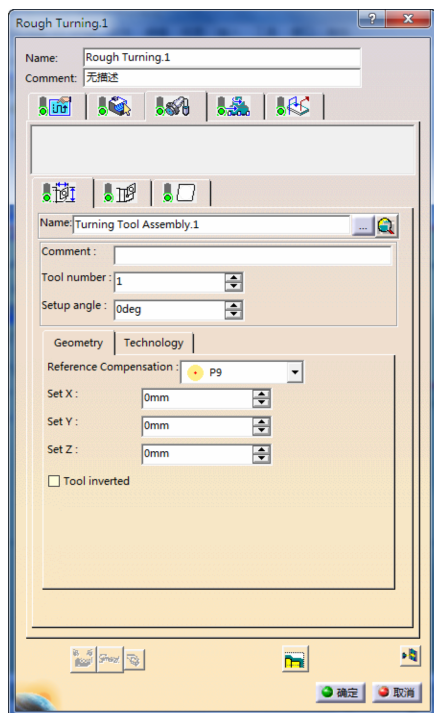


图 7-80　刀具参数选项卡（4）

● 单击刀具参数选项卡中的图标，切换到刀柄选项卡（3），设置刀具刀柄的参数，如图 7-81 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的图标，切换到刀片选项卡（3），设置刀片类型以及刀片参数，如图 7-82 所示。

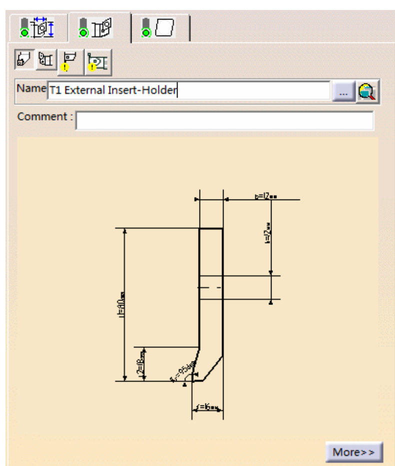


图 7-81　刀柄选项卡（3）

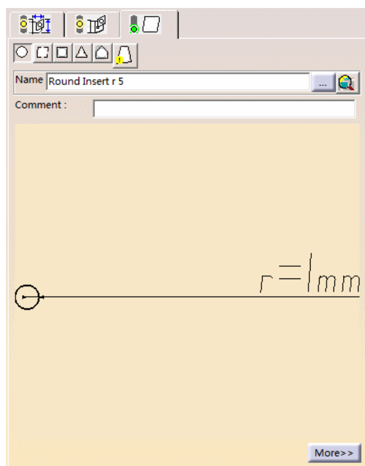


图 7-82　刀片选项卡（3）

3）定义刀具路径参数。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

- 在“Machining”选项卡（4）的“Roughing mode”下拉列表中选择“Longitudinal”，在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，在“Part contouring”下拉列表中选择“Last path only”，如图 7-83 所示。
- 双击“Max depth of cut”，在弹出的“Edit Parameter”选项卡（2）中输入“2mm”，如图 7-84 所示。

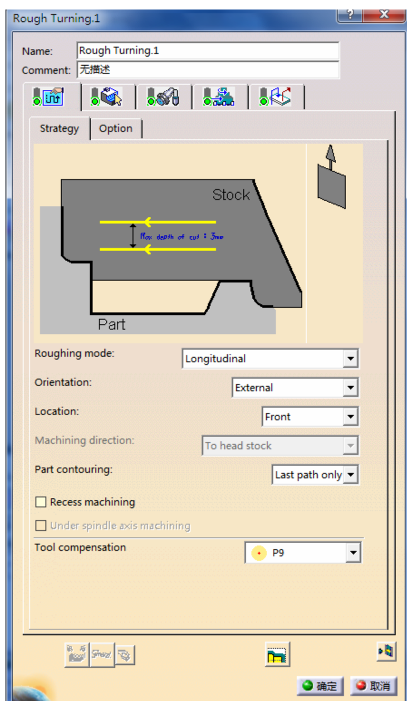


图 7-83 “Machining”选项卡（4）

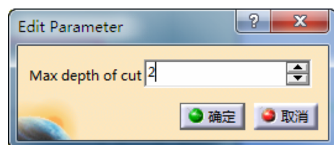


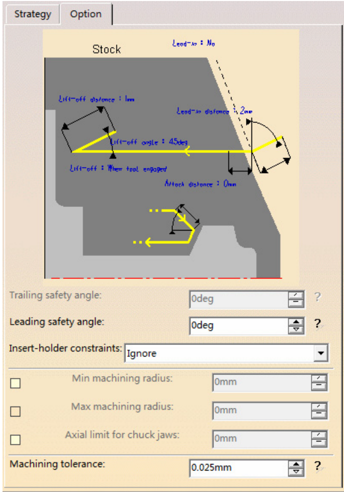
图 7-84 “Edit Parameter”选项卡（2）

- 单击“Option”选项卡（2），设置切入/切出参数如图 7-85 所示。

4）定义进给率。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（4），如图 7-86 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Rough Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

- 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Horizontal motion 按钮，设置“Approach”参数（3）如图 7-87 所示。



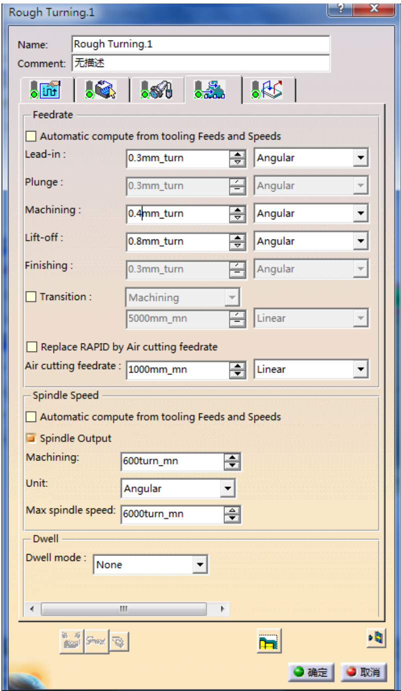


图 7-85 “Option”选项卡（2） 图 7-86 进给率参数选项卡（4）

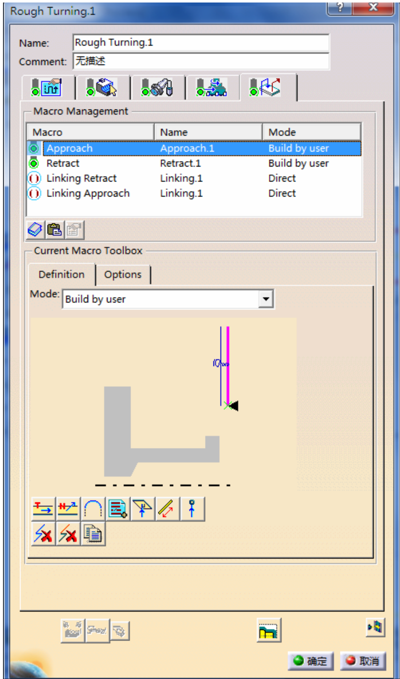


图 7-87 设置“Approach”参数（3）

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（3）如图 7-88 所示。

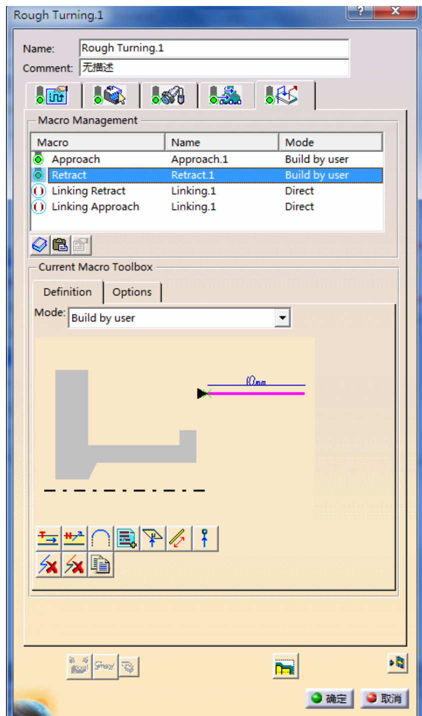


图 7-88 设置“Retract”参数（3）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Rough Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Rough Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（4）如图 7-89 所示。

● 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（4），如图 7-90 所示。

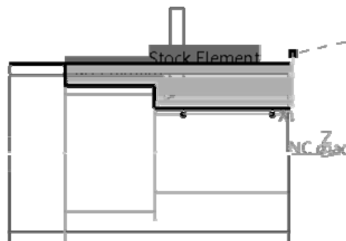


图 7-89 刀具路径轨迹（4）

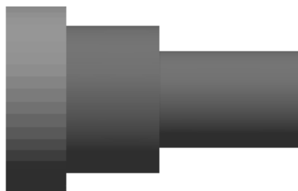


图 7-90 实体切削仿真（4）

4. 轮廓精车加工

在特征树中选择“Rough Turning.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Profile Finish Turning”命令，或者单击“Machining Operations”工具栏上的 Profile Finish Turning operation 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框（2），如图 7-91 所示。

1）设置几何参数

● 定义零件轮廓（4）。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中（2）的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中零件轮廓感应区，选择如图 7-92 所示的曲线作为零件轮廓，在空白处双击鼠标左键返回。

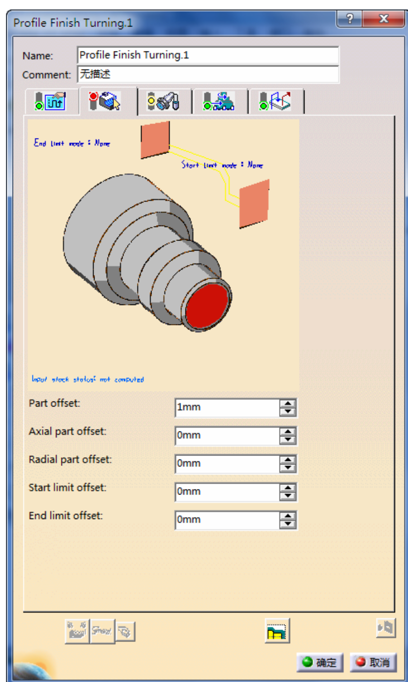


图 7-91　“Profile Finish Turning.1”对话框（2）

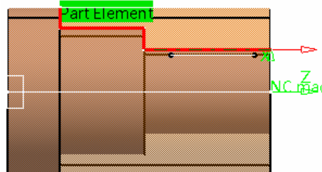


图 7-92　定义零件轮廓（4）

● 定义零件余量（5）。在“Part Offset”文本框中输入“0mm”，设置余量大小为 0mm，如图 7-93 所示。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

● 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中（2）的，切换到刀具参数选项卡（5），在“Name”文本框中输入“Turning Tool Assembly.2”，如图 7-94 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀柄选项卡（3），设置刀具刀柄的参数，如图 7-95 所示。

● 单击刀具参数选项卡中的，切换到刀片选项卡（3），设置刀片类型以及刀片参数，如图 7-96 所示。

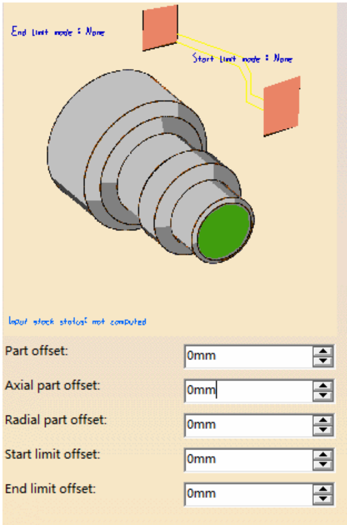


图 7-93 定义零件余量（5）

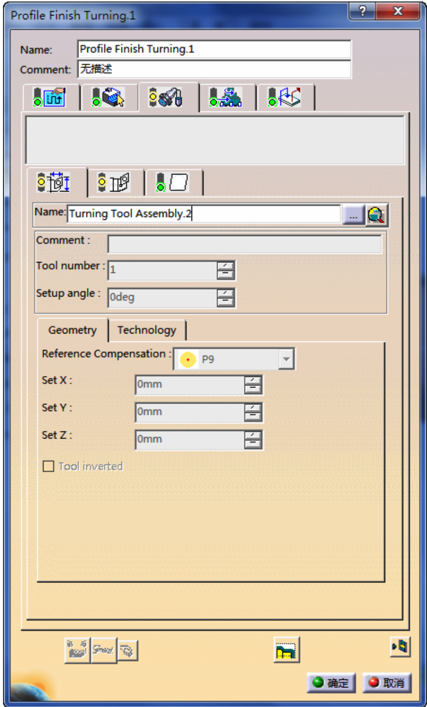


图 7-94 刀具参数选项卡（5）

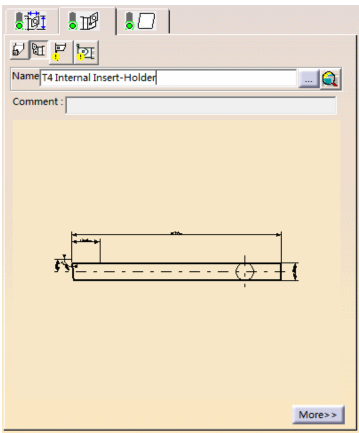


图 7-95 刀柄选项卡（3）

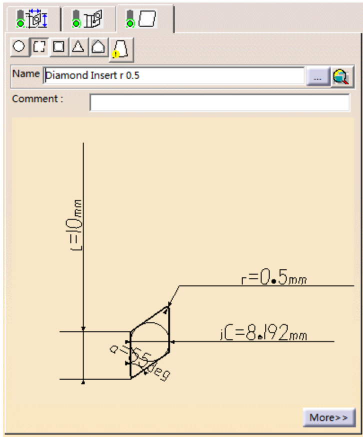


图 7-96 刀片选项卡（3）

3）定义刀具路径参数。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 单击“General”选项卡（2），在“Orientation”下拉列表中选择“External”，在“Location”下拉列表中选择“Front”，取消“Recess machining”复选框，如图 7-97 所示。

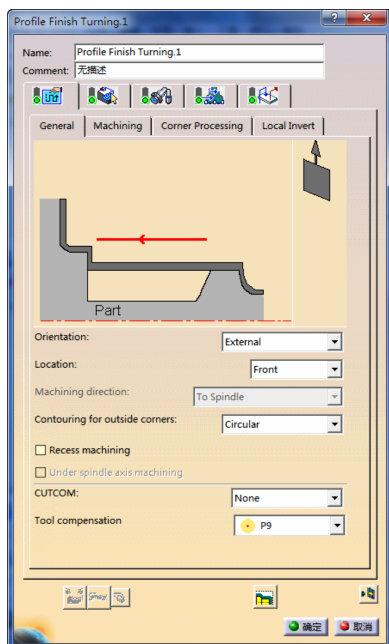


图 7-97　“General”选项卡（2）

● 在“Machining”选项卡（5）中，设置切入/切出参数，如图 7-98 所示。

● 单击“Corner Processing”选项卡（2），设置拐角处理参数，如图 7-99 所示。

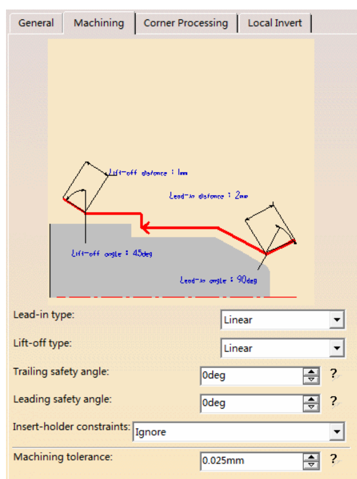


图 7-98　“Machining”选项卡（5）

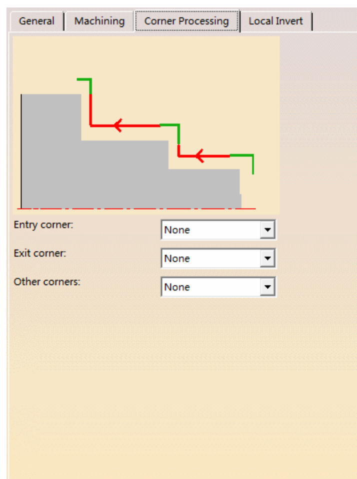


图 7-99　“Corner Processing”选项卡（2）

4）定义进给率。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（5），如图 7-100 所示。

5）定义进刀、退刀路径。单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Approach”参数（4）如图 7-101 所示。

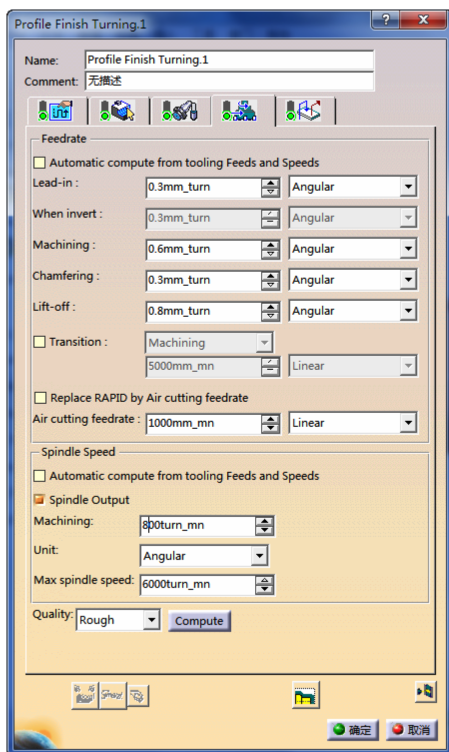


图 7-100 进给率参数选项卡（5）

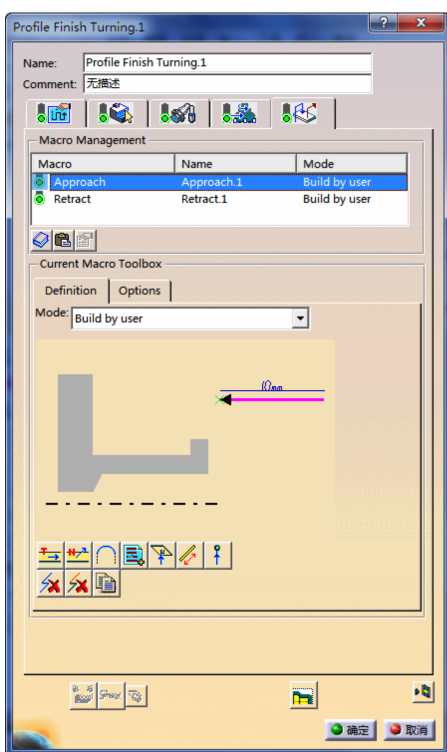


图 7-101 设置“Approach”参数（4）

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，然后单击 Remove all motion 按钮和 Add Tangent motion 按钮，设置“Retract”参数（4）如图 7-102 所示。

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Profile Finish Turning.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Profile Finish Turning.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（5）

如图 7-103 所示。

- 单击对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（5）如图 7-104 所示。

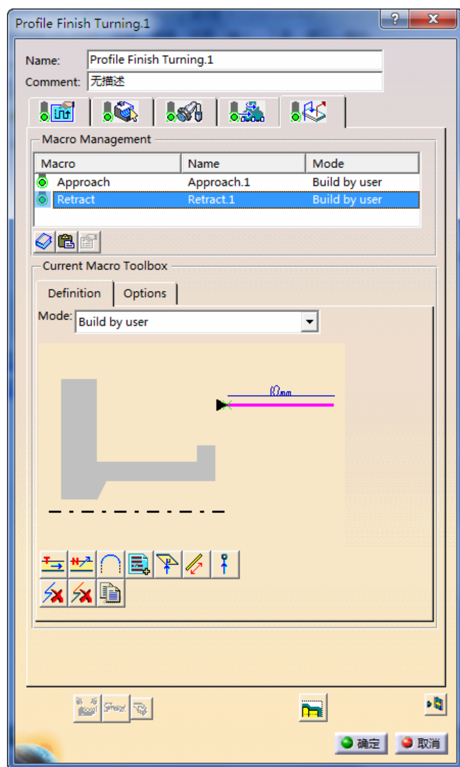


图 7-102　设置“Retract”参数（4）

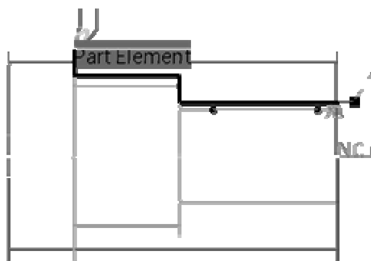


图 7-103　刀具路径轨迹（5）

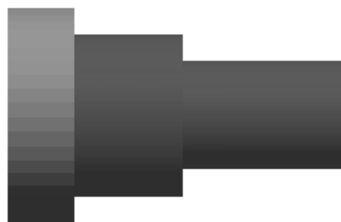


图 7-104　实体切削仿真（5）

5. 定义铣削零件操作

1）复制和粘贴操作（2）。在特征树上选中“Part Operation.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“复制”命令；然后选中“Part Operation.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“粘贴”命令，如图 7-105 所示。

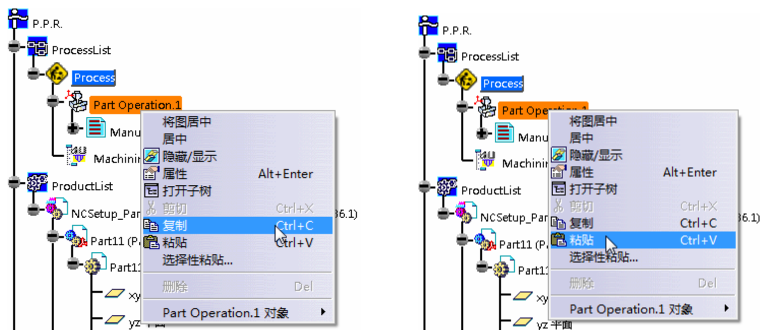


图 7-105　复制和粘贴操作（2）

2）删除节点项目（2）。展开“Part Operation.2”节点，将“Manufacturing Program.2”节点下的项目全部删除，如图 7-106 所示。

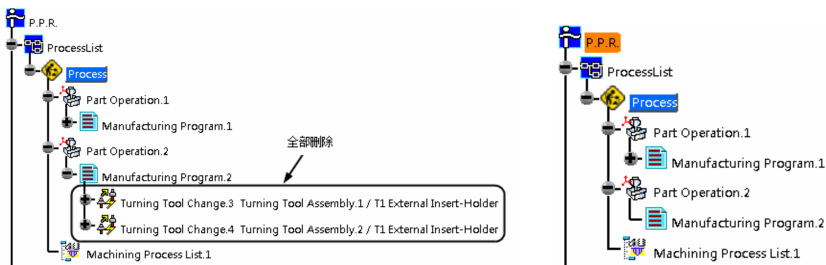


图 7-106　删除节点项目（2）

3）在特征树上双击“Part Operation.2”节点，弹出“Part Operation”对话框（4），如图 7-107 所示。

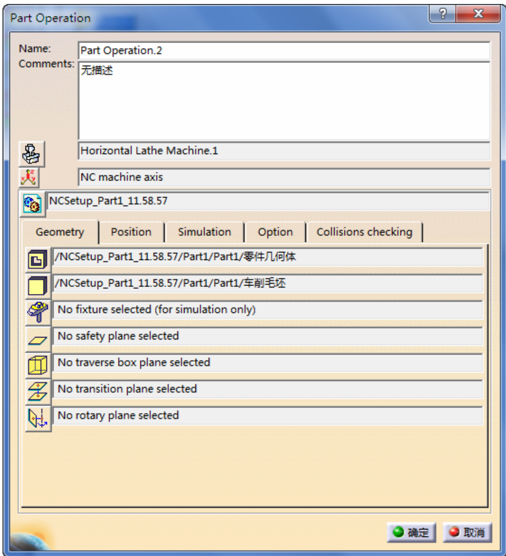
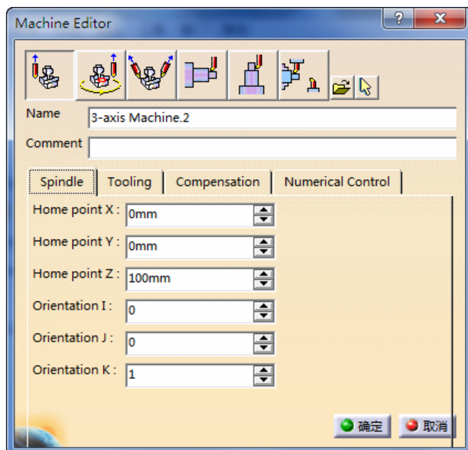


图 7-107　“Part Operation”对话框（4）

4）机床设置。单击“Part Operation”对话框中的 machine 按钮，弹出“Machine Editor”对话框（4），保持默认设置“3-axis Machine.2”，如图 7-108 所示。

5）定义加工坐标系，其具体操作步骤如下：

● 单击“Part Operation”对话框中的 Default reference machining axis system 按钮，弹出“NC machine axis”对话框，如图 7-109 所示。



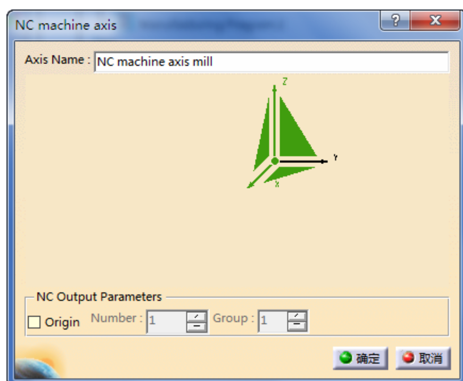
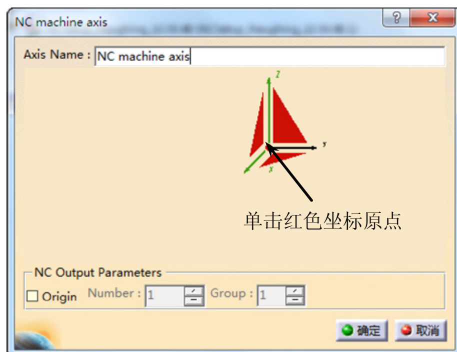


图 7-108　“Machine Editor”对话框（4）　　图 7-109　“NC machin axis”对话框

● 在“Default reference machining axis for Part Operation.1”对话框的“Axis Name”文本框中输入“NC machine axis”作为坐标系名称，单击红色坐标原点，选择如图 7-110 所示的点 3 作为坐标原点，定义加工坐标系（3）如图 7-110 所示。



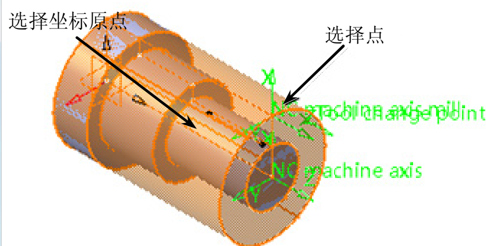


图 7-110　定义加工坐标系（3）

● 单击对话框中的 Z 轴，系统弹出“Direction Z”对话框，设置 Z 轴方向设定（3）如图 7-111 所示。单击“确定”按钮完成设定。

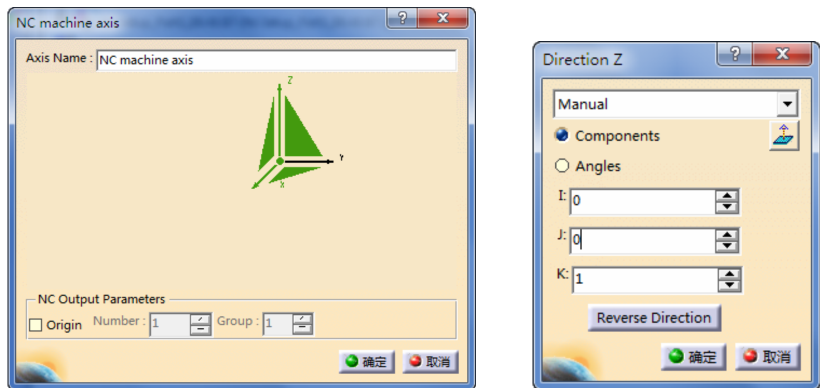


图 7-111　*Z* 轴方向设定（3）

● 单击对话框中的 *X* 轴，系统弹出“Direction X”对话框，设置 *X* 轴方向设定（3）如图 7-112 所示。单击“确定”按钮完成设定。

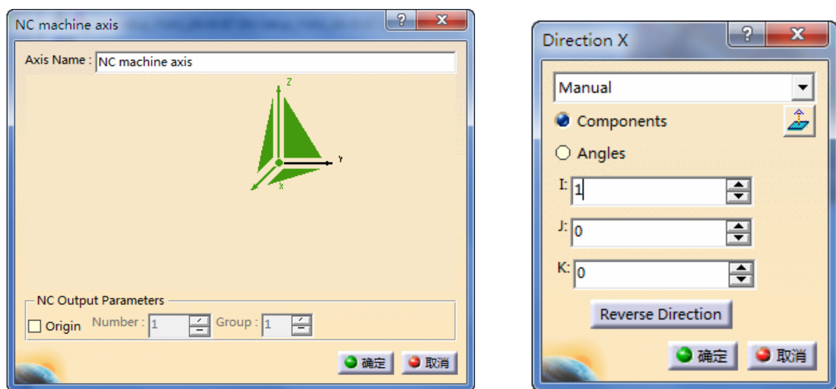


图 7-112　*X* 轴方向设定（3）

6）定义目标加工零件（4）。单击 Design part for simulation 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-113 所示的实体模型作为目标加工零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

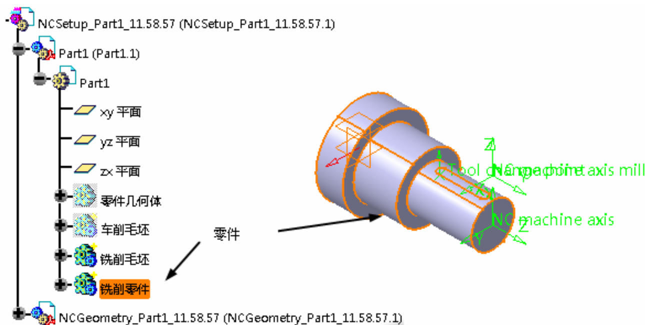


图 7-113　定义目标加工零件（4）

7）定义毛坯零件（4）。单击 Stock 按钮，系统自动隐藏“Part Operation”对话框，在图形区选择如图 7-114 所示的实体作为毛坯零件，然后双击空白处返回“Part Operation”对话框。

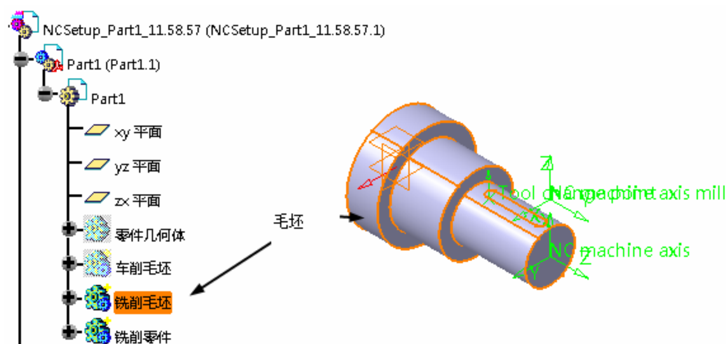


图 7-114　定义毛坯零件（4）

8）创建安全平面。其具体操作步骤如下：

● 单击 Safety plane 按钮，系统提示“Select a planar face or point to define the safety plane”，选择 *XY* 平面，系统创建安全平面（2）如图 7-115 所示。

● 右键单击所创建的安全平面，在弹出的快捷菜单（2）中选择“Offset”命令，如图 7-116 所示。系统弹出“Edit Parameter”对话框，在“Thickness”文本框中输入偏移值“100”，单击“确定”按钮，创建的安全平面（2）如图 7-117 所示。

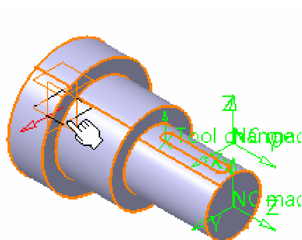


图 7-115　创建安全平面（2）

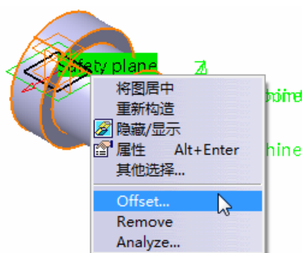


图 7-116　快捷菜单（2）

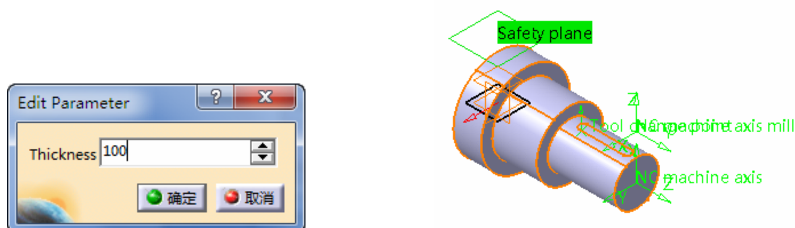


图 7-117　创建的安全平面（2）

9）选择下拉菜单“开始”→“加工”→“Surface Machining”命令，进入曲面铣削加工环境。

6. 多轴曲线加工键槽

在特征树中选择“Isoparametric Machining.1”，选择下拉菜单“插入”→“Machining Operations”→“Multi-Axis Machining Operations”→“Multi-Axis Curve Machining”命令，弹出“Multi-Axis Curve Machining”对话框，如图 7-118 所示。

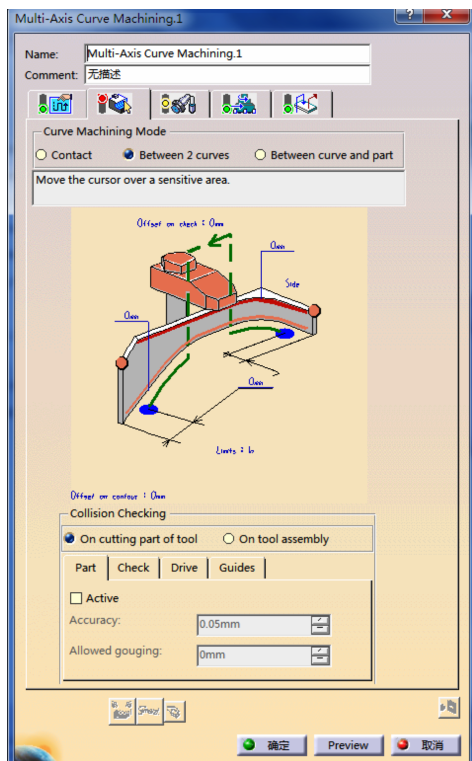


图 7-118 “Multi-Axis Curve Machining”对话框

1）设置几何参数，其具体操作步骤如下：

- 选择引导曲线。单击“Multi-Axis Curve Machining”对话框中的，切换到几何参数选项卡，单击对话框中的引导曲线感应区，选择如图 7-119 所示的螺旋线作为引导曲线，如图 7-119 所示，在空白处双击鼠标左键返回。

2）定义刀具参数，其具体操作步骤如下：

- 单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到刀具参数选项卡（6），在“Name”文本框中输入“T1 End Mill D10”，取消“Ball-end tool”复选框，如图 7-120 所示。

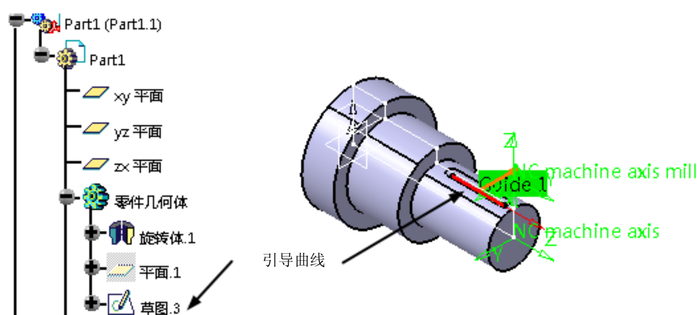


图 7-119　选择引导曲线

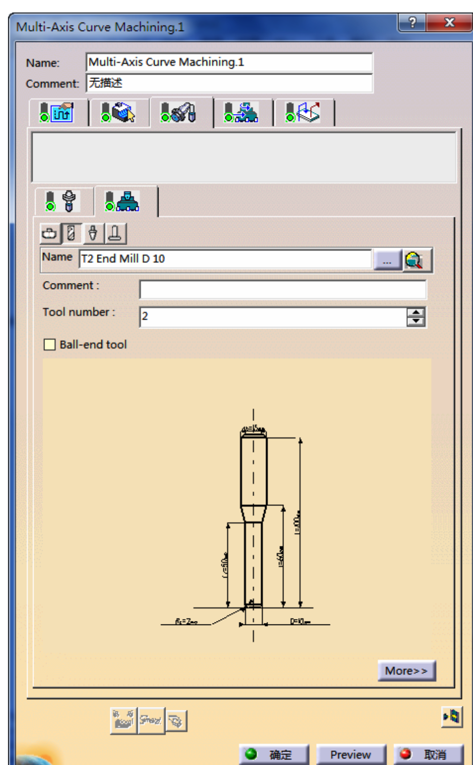


图 7-120　刀具参数选项卡（6）

● 单击“More”按钮，单击“Geometry”选项卡，定义刀具参数（2）如图 7-121 所示。

3）定义刀具路径参数。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的 ，切换到刀具路径参数选项卡，设置相关参数如下：

● 在“Machining”选项卡（6）的“Machining tolerance”文本框中输入“0.025mm”，如图 7-122 所示。

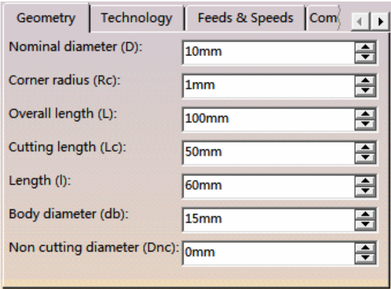


图 7-121　定义刀具参数（2）

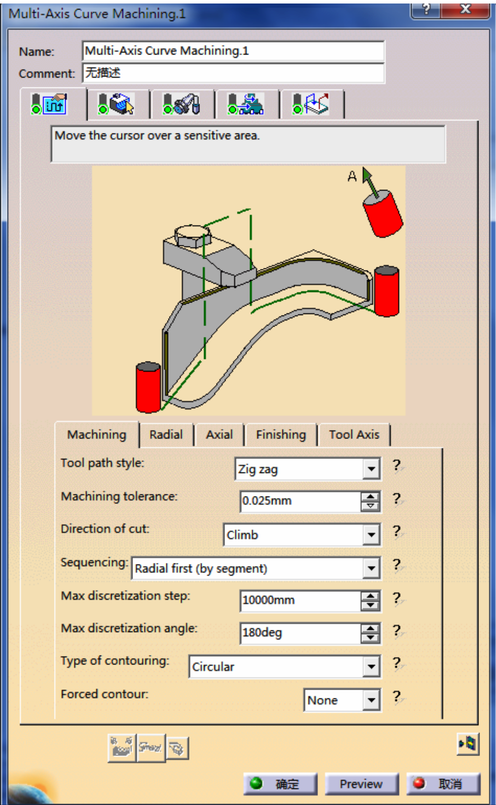


图 7-122　“Machining”选项卡（6）

● 在“Radial”选项卡（2）的“Number of paths”文本框中输入“1”，其他参数如图 7-123 所示。

● 在“Axial”选项卡（2）的“Maximum cut depth”文本框中输入“3mm”，在“Number of levels”文本框中输入“1”，如图 7-124 所示。

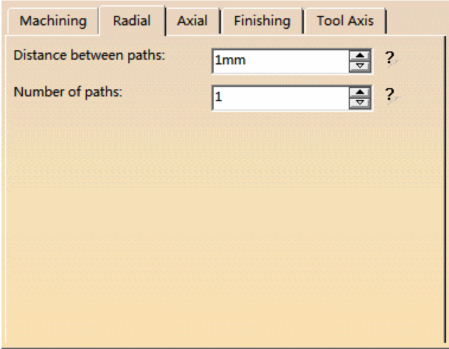


图 7-123　“Radial”选项卡（2）

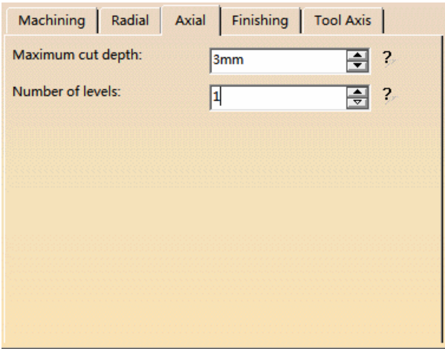


图 7-124　“Axial”选项卡（2）

● 单击“Tool axis”选项卡，在“Tool axis mode”下拉列表中选择“Fixed axis”，如图 7-125 所示。

4）定义进给率。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到进给率参数选项卡（6），设置参数如图 7-126 所示。

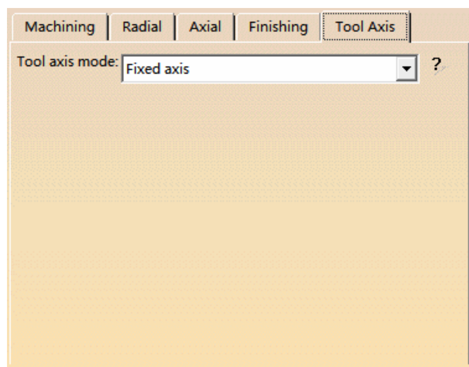


图 7-125 “Tool Axis”选项卡

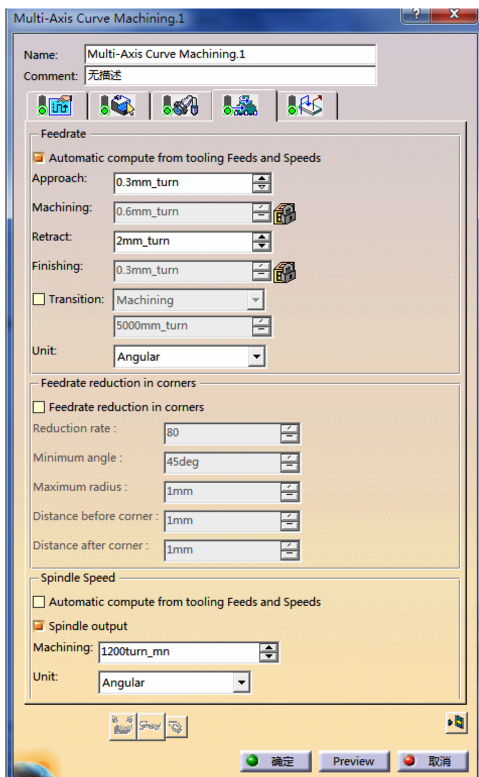


图 7-126 进给率参数选项卡（6）

5）定义进刀、退刀路径。单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的，切换到进刀、退刀路径选项卡，具体设置如下：

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Approach”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Approach”参数（5）如图 7-127 所示。

● 在“Macro Management”区域中的列表框中选择“Retract”，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择 Activate 命令，在“mode”下拉列表中选择“Build by user”，依次单击按钮和按钮，设置“Retract”参数（5）如图 7-128 所示。

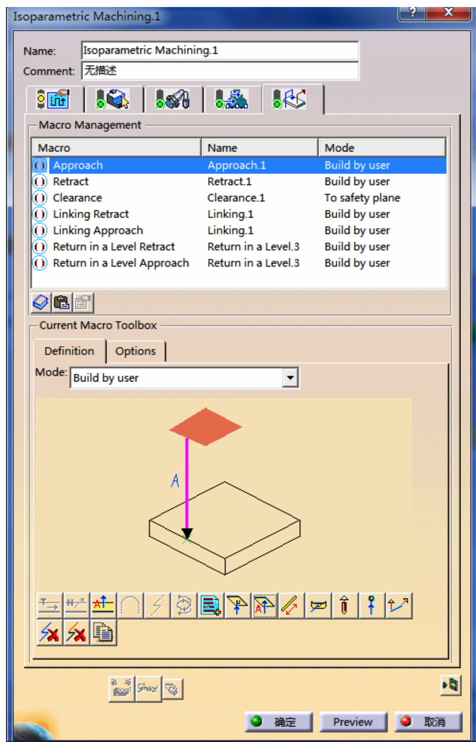


图 7-127　设置“Approach”参数（5）

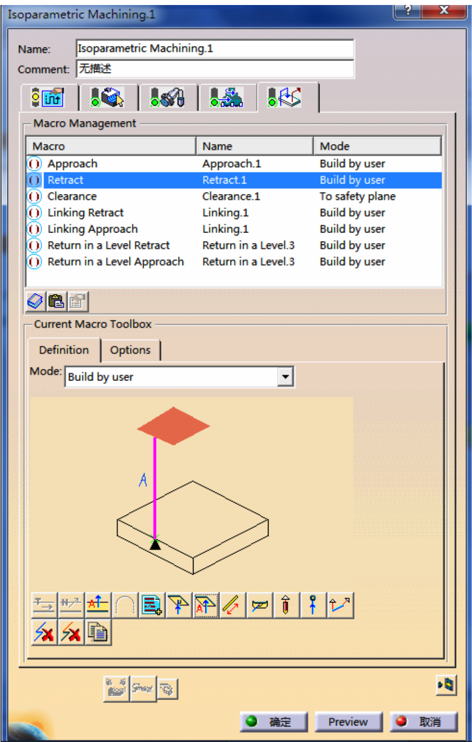
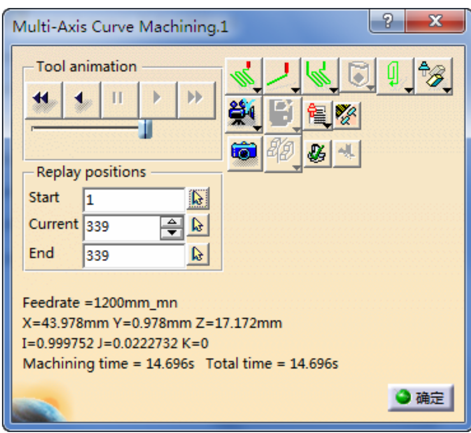


图 7-128　设置“Retract”参数（5）

6）刀具路径仿真，其具体操作步骤如下：

● 单击“Multi-Axis Curve Machining.1”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Isoparametric Machining.1”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（6）如图 7-129 所示。



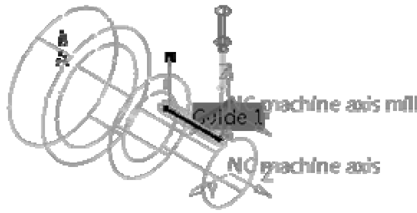


图 7-129　刀具路径轨迹（6）

● 单击图 7-130 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（6）如图 7-130 所示。

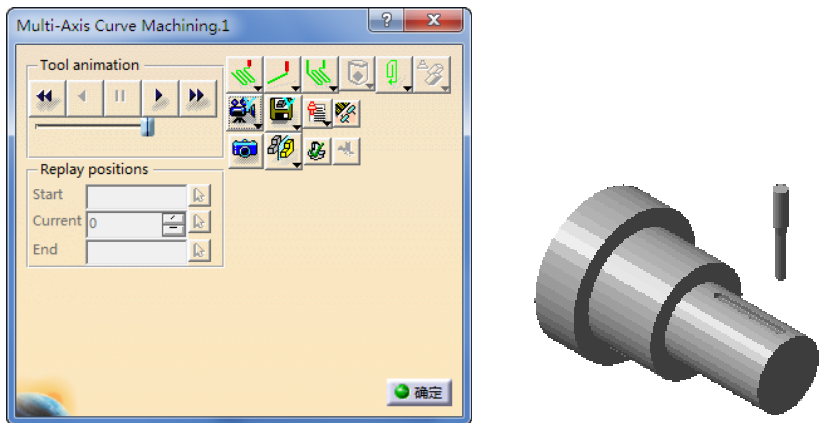


图 7-130　实体切削仿真（6）

7. ***刀具路径变换***

1）刀具路径锁定。在特征树中右击“Multi-Axis Curve Machining.1（Computed）”节点，在弹出的快捷菜单中选择“Multi-Axis Curve Machining.1 对象”→“Lock”命令，刀具路径锁定，如图 7-131 所示。

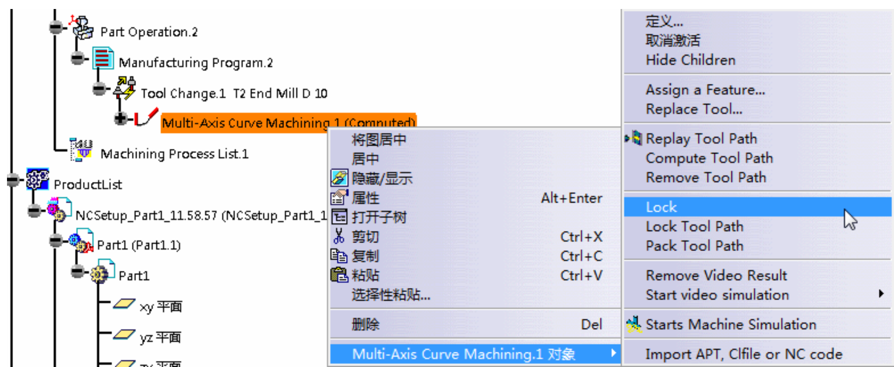


图 7-131　刀具路径锁定

2）刀具路径复制。在特征树上选择“Multi-Axis Curve Machining.1”节点，单击鼠标右键在弹出的快捷菜单中选择“复制”命令，然后再依次 5 次选择“粘贴”命令，复制刀具路径如图 7-132 所示。

3）刀具路径旋转，其具体操作步骤如下：

● 展开“Multi-Axis Curve Sweeping.2”节点，右击 Tool path 节点，在弹出的快捷菜单中选择 Tool path 对象→“Edit”命令，弹出“Multi-Axis Curve

Sweeping.2”对话框，如图 7-133 所示。

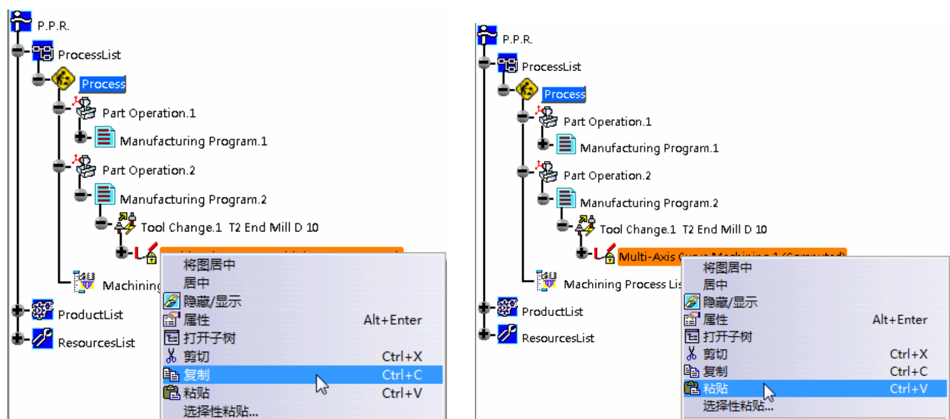


图 7-132 刀具路径复制



图 7-133 “Multi-Axis Curve Sweeping.2”对话框

● 单击 Rotation 按钮，然后双击图形区中的 Angle=0，在弹出的“Angle”对话框中输入“60”（度），单击“确定”按钮，如图 7-134 所示。

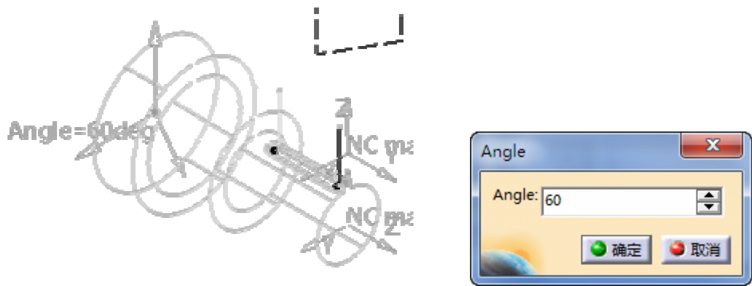


图 7-134 设置旋转角度

● 在图形区双击圆柱体的轴线，选择该轴线为旋转轴，然后单击“Multi-Axis Curve Sweeping.2”对话框中的“确定”按钮，完成刀具路径旋转，如图 7-135 所示。

● 单击“Multi-Axis Curve Sweeping.2”对话框中的 Tool Path Replay 按钮，弹出“Multi-Axis Curve Sweeping.2”对话框，同时在图形区显示刀具路径轨迹（7）如图 7-136 所示。

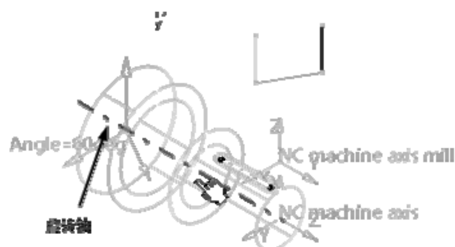
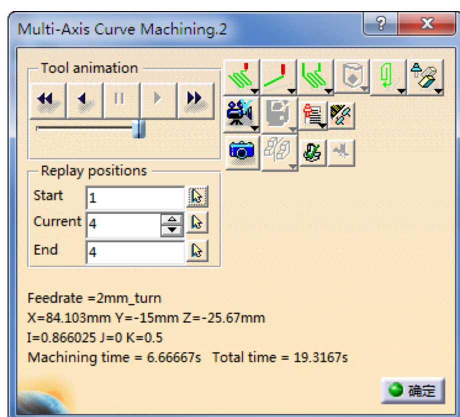


图 7-135　刀具路径旋转



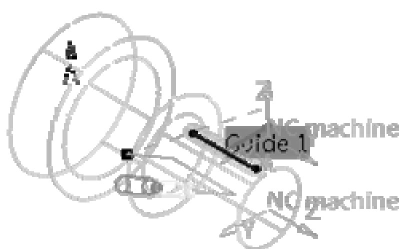
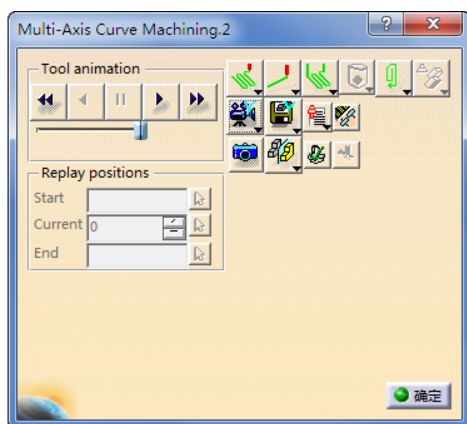


图 7-136　刀具路径轨迹（7）

● 单击图 7-137 所示对话框中的 View from last result 按钮，然后单击 Forward replay 按钮，显示实体切削仿真（7），如图 7-137 所示。



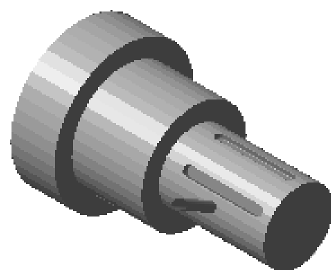


图 7-137　实体切削仿真（7）

4）重复上述 3）刀具路径旋转的操作步骤，将“Multi-Axis Curve Sweeping.3”刀具路径旋转 120°，显示刀具路径轨迹和实体切削仿真（1）如图 7-138 所示。

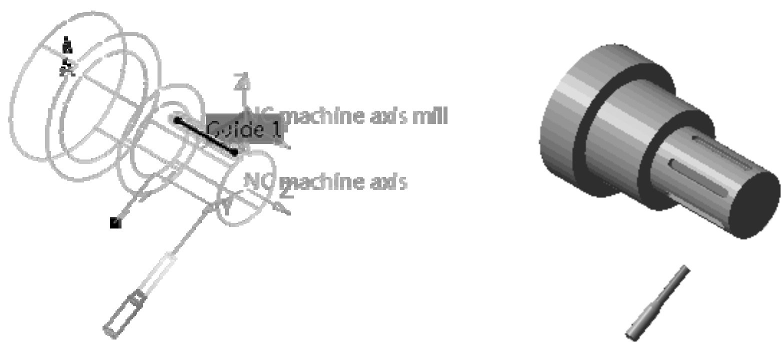


图 7-138　刀具路径轨迹和实体切削仿真（1）

5）重复上述 3）刀具路径旋转的操作步骤，将“Multi-Axis Curve Sweeping.4”刀具路径旋转 180°，显示刀具路径轨迹和切削仿真（2）如图 7-139 所示。

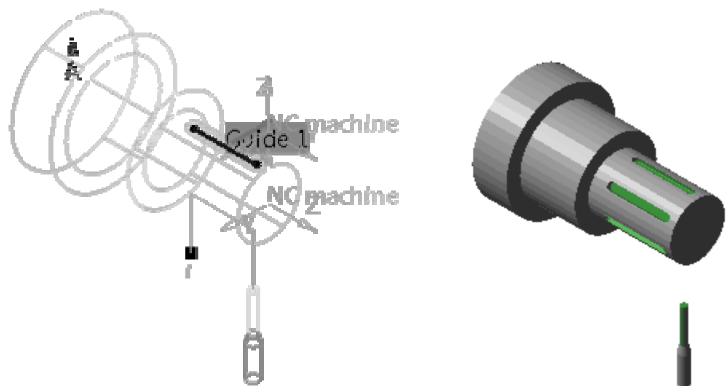


图 7-139　刀具路径轨迹和实体切削仿真（2）

6）重复上述 3）刀具路径旋转的操作步骤，将“Multi-Axis Curve Sweeping.5”刀具路径旋转 240°，显示刀具路径轨迹和切削仿真（3）如图 7-140 所示。

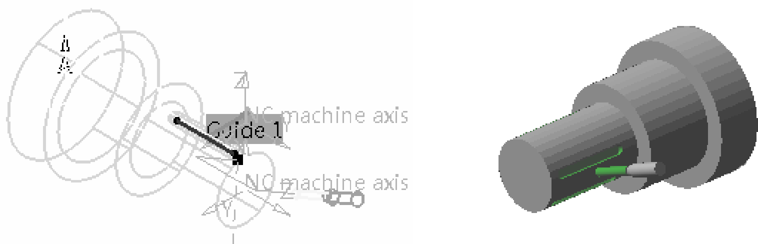


图 7-140　刀具路径轨迹和实体切削仿真（3）

7）重复上述 3）刀具路径旋转的操作步骤，将“Multi-Axis Curve Sweeping.6”刀具路径旋转 300°，显示刀具路径轨迹和切削仿真（4）如图 7-141 所示。

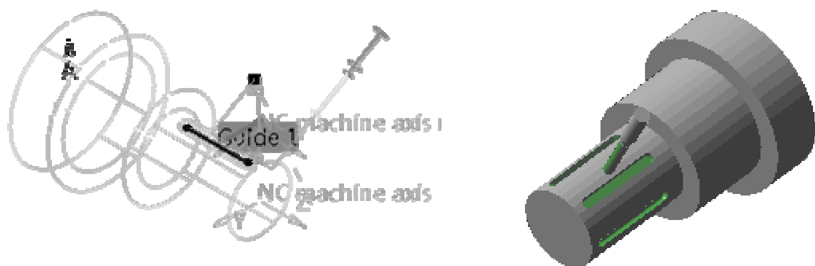


图 7-141　刀具路径轨迹和实体切削仿真（4）

8）选择下拉菜单“文件”→“保存”命令，保存所创建的零件文件（随书光盘：\第 4 章\4.1\completed\xidao.CATProcess）。

7.2.5　实例总结

本节讲解了 CATIA V5 R20 花键轴车铣复合数控加工的方法和具体步骤。读者学习时，需要注意以下几点：

1）车铣复合数控加工必须在车铣复合数控加工机床上完成，即必须在数控转塔车床或车削加工中心上装有铣削主轴。

2）在 CATIA V5 R20 软件中对于每一个机床主轴要实现其加工功能，必须为它定义零件操作、定义毛坯零件，并建立相应坐标系，坐标系轴一定要与相应机床相对应。

参 考 文 献

[1] 谢龙汉，杜如虚．CATIA V5 R20 产品造型及设计[M]．北京：清华大学出版社，2011．
[2] 詹才浩．CATIA V5 数控加工教程[M]．北京：清华大学出版社，2009．
[3] 詹熙达．CATIA V5 数控加工实例精解[M]．北京：机械工业出版社，2008．
[4] 詹熙达．CATIA V5 数控加工教程[M]．北京：机械工业出版社，2008．

本书特点

- 细分多轴加工技术，通过大量工程实例，讲解CATIA V5 R20多轴数控加工的技术特点与实际应用，集专业性、实用性于一体。
- 实例安排循序渐进，从入门到提高，符合读者学习过程；讲解由浅入深，降低学习门槛，提高读者学习效率。
- 本书光盘提供实例操作的语音视频，方便读者上机操作练习，深入理解和巩固知识，扩大学习效果。

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/机械工程/数控技术

ISBN 978-7-111-38491-5
ISBN 978-7-89433-552-4（光盘）

策划编辑◎周国萍



定价：66.00元（含配书光盘）